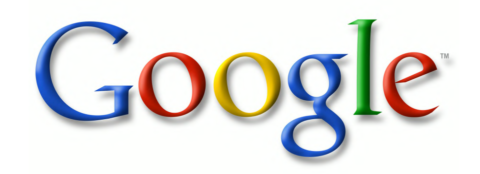


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

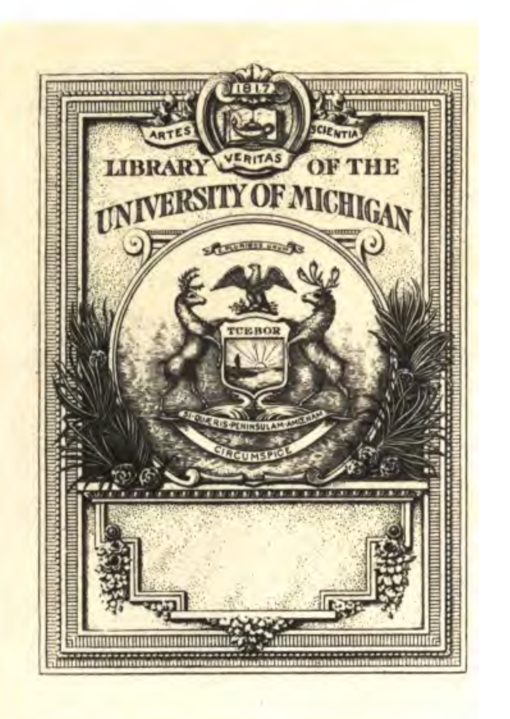
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

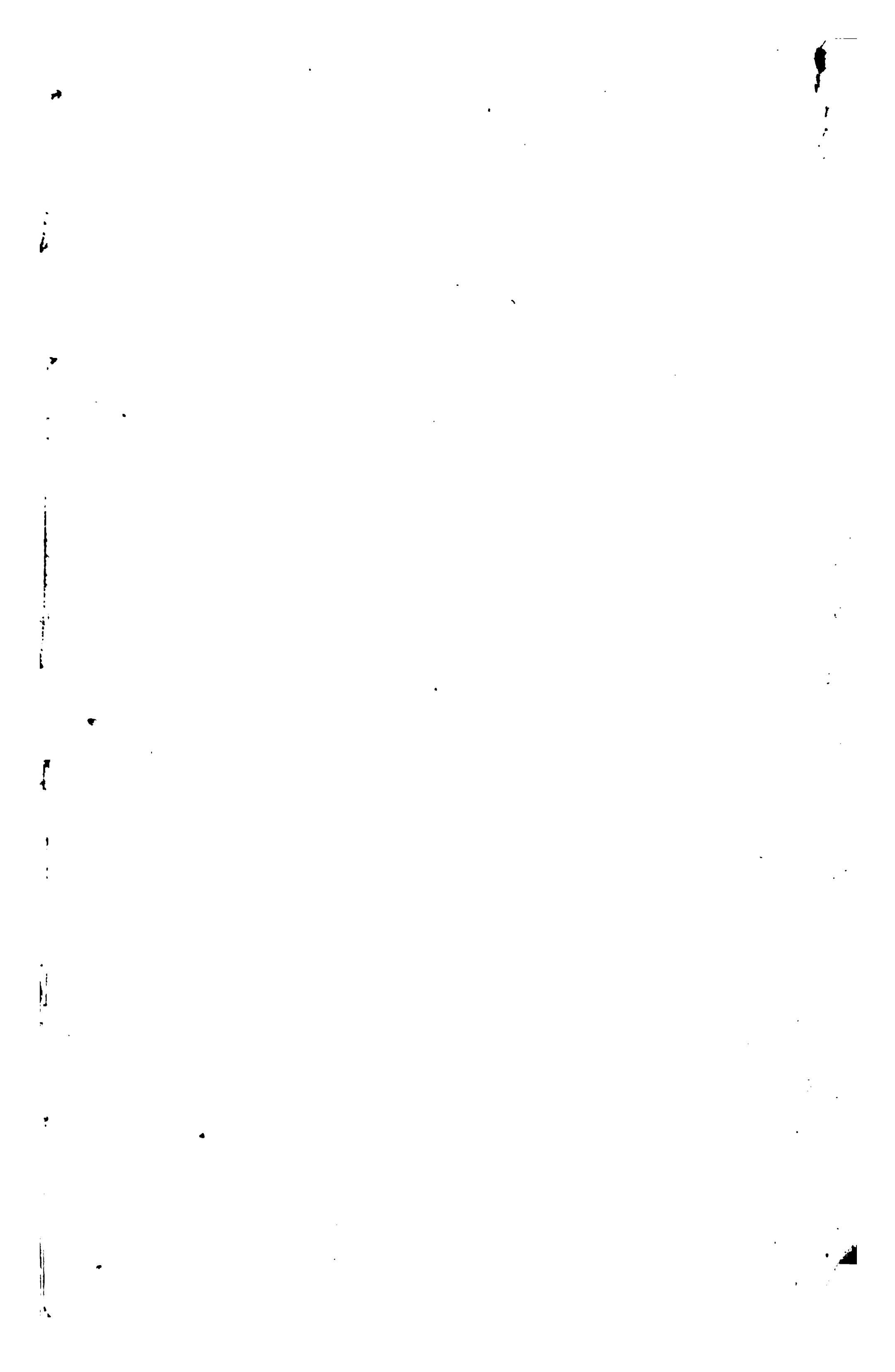
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


1817
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUÆRIS PENINSULAM AMŒNAM
CIRCUMSPICE





QC 507 .N47

421

ILLUSTRIERTE GESCHICHTE DER ELEKTRICITÄT

VON DEN ÄLTESTEN ZEITEN BIS AUF UNSERE TAGE.

FÜR WEITERE KREISE BEARBEITET

VON

DR. EUGEN NETOLICZKA 1829 - 1889

KAISERL. RATH, PROFESSOR DER PHYSIK I. R. IN GRAZ, RITTER DES K. K. ÖSTERREICH. FRANZ JOSEF-ORDENS, BESITZER DER GOLDENEN MEDAILLE FÜR KUNST UND WISSENSCHAFT UND DES VERDIENSTKREUZES DES GROSSHERZOGL. MECKLENBURGISCHEN ORDENS DER WENDISCHEN KRONE.

WIEN, 1886.

VERLAG VON A. PICHLER'S WITWE & SOHN,

BUCHHANDLUNG FÜR PÄDAGOG. LITERATUR UND LEHRMITTEL-ANSTALT.

V. MARGARETENPLATZ 2.

QC
507
.N47

Vorrede.

Für den Fachmann sowie für den Freund der Naturwissenschaften ist es ein Bedürfnis, unser heutiges physikalisches Bewusstsein, so zu sagen, von seinen ersten Anfängen her kennen zu lernen. Die Resultate einer Wissenschaft, zu deren Aufbau eine Geistesarbeit von Jahrtausenden nothwendig war, zwingen unabweislich zu einem Rückblicke auf die muthigen rastlosen Arbeiter früherer Jahrhunderte, auf mühevoll errungene Siege, aber auch auf Irrwege, welche die zur Wahrheit Strebenden oft lange in einem Labyrinthe fest hielten. Jahrtausende sind vorübergezogen an dem hier weilenden Menschengeschlechte und unermüdet haben immer Einzelne Sandkorn auf Sandkorn gehäuft zum großen Baue der Naturlehre. Müde Arbeiter verließen den Schauplatz, aber andere nahmen das Erbe dankbar auf und setzten das Werk muthig fort. Nationen sind verschwunden oder zur Unbedeutendheit herabgesunken, welche einmal mit Eifer jenen Bau gefördert, aber dieser schreitet immer weiter fort. Unwissenheit und Aberglauben haben an dem erhabenen Baue gerüttelt, aber er hat die Stürme finsterer Jahrhunderte überdauert, und er wird unaufhaltsam fortschreiten, lange es einen denkenden Menschengeist auf Erden gibt.

Was speciell die Elektricität betrifft, so hat diese in neue-r Zeit eine solche Bedeutung erlangt, dass sie in vielfacher ziehung die Aufmerksamkeit jedes Gebildeten, mag er sich ch sonst sehr wenig mit physikalischen Studien beschäftigen,

384555

in hohem Grade zu erregen imstande ist. Es gab eine Zeit, wo fast jeder praktische Mann über die Spielereien der Physiker mit geriebenen Glasstäben, Glascylindern und Scheiben lächelte. Unbekümmert um Spott und Hohn setzten die Forscher ihre Untersuchungen fort und nun gehört die Lehre von der Elektricität zu jenen physikalischen Disciplinen, welche auf das mannigfaltigste in das praktische Leben eingreifen, und wie man früher von einem Zeitalter des Dampfes sprach, so kann man gewiss mit gleichem Rechte unsere Zeit die der Elektricität nennen. Die Elektricität ist es, welche die Gedanken mit Blitzesschnelle durch die Länder sendet, sie verbindet Welttheile, die durch weite Meere getrennt sind, sie setzt Maschinen gleich der Dampfkraft in Bewegung, sie verwandelt dunkle Nacht in Tageshelle, sie arbeitet als chemisch zersetzende Kraft und liefert treue Copien von Originalen, sie wird in vielen Fällen als heilendes Agens benützt, sie trägt den Schall in ferne Orte, sie überträgt Kraftleistungen auf größere Distanzen, sie ist im Stande, in dem elektrischen Lichtbogen mit Leichtigkeit die schwerstschmelzbaren Metalle, Stahl, Platin, Iridium zu schmelzen, sie hilft dem Bergmanne bei seinen unterirdischen Arbeiten, sie unterstützt den Steinbrecher bei der Zerstörung der Gesteinsmassen, sie ist es, welche es dem Ingenieur ermöglicht, seine Riesentunnels durch das Innere gewaltiger Berge zu führen, sie hilft den Lauf der Flüsse regulieren, sie wirft aber auch in wenigen Augenblicken die festesten Brücken nieder, welche dem Feinde zu einem Übergange dienen können, sie entzündet die Sprengschüsse des Mineurs, sie bekämpft feindliche Schiffe vom Grunde des Meeres.

Die große Verwendbarkeit der Elektricität gründet sich darauf, dass dieselbe so leicht in andere physikalische Kräfte, in Licht, Wärme, Magnetismus, Chemismus und mechanische Arbeit umgesetzt werden kann.

Ein Wissenszweig, der solche praktische Erfolge aufzuweisen vermag, musste auch eine reichhaltige populärwissenschaftliche Literatur ins Leben rufen, um diese errungenen Resultate dem großen Publicum zugänglich zu machen. Dennoch fehlt es bis zum Augenblicke an einer für weitere Kreise bestimmten

Darstellung der historischen Entwickelung dieses Theiles der Physik. Pristley's Geschichte der Elektricität (deutsche Übersetzung) datiert vom Jahre 1774 und kann daher nicht in Betracht gezogen werden. In neuester Zeit (1884) erschien Dr. Hoppe's Geschichte der Elektricität, nachdem mein Manuscript bis zum letzten Abschnitte vorgeschritten war. Ich konnte mich durch das Erscheinen dieses vortrefflichen Werkes von der Beendigung meines Buches nicht abschrecken lassen, da ich bald nicht nur an dem Umfange, sondern auch an der Darstellungsweise, welche größere physikalische und namentlich mathematische Kenntnisse bei den Lesern voraussetzt, ersah, dass dieses Buch offenbar für andere Kreise bestimmt sei, als ich vor Augen hatte. Ich habe daher meine Arbeit muthig zu Ende geführt, ohne mir die Schwierigkeiten dieses Unternehmens verhehlt zu haben. Wenn man bereits sechs Decennien seines Lebens hinter sich hat, geht man nicht mehr allzu sanguinisch zu Werke, und nimmt eine Arbeit gewiss von der ernsten Seite. Auch hatte ich schon vor vielen Jahren an ähnlichen Arbeiten Gelegenheit gehabt, solche Schwierigkeiten kennen zu lernen. Ich veröffentlichte nämlich bereits im Jahre 1858 eine Geschichte der Optik von den ältesten Zeiten bis zum Beginne des 14. Jahrhunderts, im Jahre 1865 eine Abhandlung über die ältesten Bestrebungen in der Akustik und 1868 eine Geschichte der Elektricität bis zur Entdeckung des Galvanismus. Diese Arbeiten wurden von der Kritik freundlich aufgenommen, ja es wurde „der lebhafte Wunsch ausgesprochen, der Verfasser möge auch andere Partien der Geschichte der Physik auf ähnliche Weise bearbeitet, vorführen."

Jeder Verfasser einer Geschichte der Physik und so auch eines jeden Zweiges derselben stellt sich eine schöne Aufgabe, er soll Eroberungen verfolgen, welche mit den Waffen des Geistes oft geräuschlos vollzogen wurden, aber anderseits ist iese Aufgabe eine schwierige, da er unter einer großen Masse nzuverlässigen Materials eine gewissenhafte Sichtung vornehmen nd sich selbst die Strenge einer objectiven Anschauung beahren soll. Die größte Schwierigkeit liegt jedoch darin, die erschiedenen Partien nicht unvermittelt neben einander hin-

zustellen. Will man bei dem Leser für irgend einen Zeitpunkt ein Bewusstsein des Charakters der Elektricitätslehre hervorrufen, so läuft man anderseits Gefahr, die chronologische Schilderung der einzelnen Partien in zu viele Theile zu zerreißen, wodurch der Leser von einzelnen Partien keinen Gesammteindruck, sondern gleichsam ein Mosaikbild erhält.

Obwohl ich bestrebt war, ersterer Richtung so viel als möglich Rechnung zu tragen, so konnte ich mich an vielen Stellen doch nicht entschließen, den Zusammenhang ganz zu trennen, so z. B. bei der Geschichte der Telegraphie.

Die Quellen, aus denen ich geschöpft, habe ich an den betreffenden Stellen genau angegeben und habe mich auch bemüht, für die einzelnen Partien eine reichhaltige Literatur zusammenzustellen, in welcher der freundliche Leser dasjenige zu finden imstande ist, was er zu allfälligen Specialstudien braucht.

Die Verlagshandlung hat in zuvorkommendster und liberalster Weise mein Unternehmen durch eine gefällige Ausstattung und durch die Herstellung zahlreicher Holzschnitte unterstützt.

Indem ich dieses Werkchen der Öffentlichkeit übergebe, glaube ich nur noch hervorheben zu müssen, dass mein Hauptzweck bei Abfassung desselben war, eine historische Darstellung zu liefern, welche dem allgemeinen Verständnisse keine großen Schwierigkeiten bietet.

Möge meine Arbeit hinter meinem Wollen nicht gar zu weit zurückgeblieben sein!

Graz, im Jänner 1885.

Der Verfasser.

P. S. Mehrere Monate nach Ablieferung meines Manuscriptes an die Verlagsbuchhandlung und während der Drucklegung meines Werkes erschien bei Hartleben eine Geschichte der Elektricität von Dr. Gustav Albrecht, was ich mit Rücksic[ht] auf meine im Jänner geschriebene Vorrede bemerken muss.

Graz, im November 1885.

Dr. E. N.

Inhalt.

I. Abschnitt.

Von den ältesten Zeiten bis zur Entdeckung des Galvanismus.

II. Abschnitt.

Von der Entdeckung des Galvanismus bis zum Aufblühen der Elektrotechnik.

III. Abschnitt.

Die drei Hauptrichtungen der neuen Elektrotechnik.

I. Abschnitt.

Von den ältesten Zeiten bis zur Entdeckung des Galvanismus.

Die ältesten Beobachtungen.

§. 1. Die Lehre von der Elektricität ist erst in der Neuzeit zu einem wissenschaftlichen Systeme gelangt und hat erst im Laufe der beiden letzten Jahrhunderte jene Bereicherungen erfahren, welche diesen Zweig der Physik zu dem Range einer selbständigen Wissenschaft erhoben und zugleich eine so vielseitige Anwendung dieser geheimnisvollen Naturkraft im praktischen Leben möglich machten. Obgleich die Resultate und die sich rasch folgenden Entdeckungen auf diesem Gebiete in unseren Tagen jeden Gebildeten mit Staunen erfüllen müssen, sind doch fast zwei Jahrtausende ohne merklichen Fortschritt verflossen seit jener Zeit, wo Thales von Milet, der Gründer der jonischen Philosophie, 600 Jahre vor Chr. G., die erste elektrische Erscheinung beobachtete, nämlich, dass Bernstein durch Reiben die Eigenschaft erlange, leichte Körperchen anzuziehen. Dieser Versuch setzte den griechischen Philosophen so sehr in Erstaunen, dass er den Bernstein für einen belebten Körper hielt.

Theophrast, von Eresus auf Lesbos, der berühmteste Mineralog des Alterthums, welcher 300 Jahre nach Thales lebte, beschreibt[1]) mit dem größten Erstaunen diese Erscheinung und erwähnt eine gleiche Eigenschaft von einem Edelsteine, welcher ter dem Namen Lynkurion aufgeführt wird, worunter nach r Ansicht einiger der Turmalin, nach anderen der Hyacinth irkon) zu verstehen ist. Da der Turmalin durch Reiben nur ıwach oder gar nicht elektrisch wird, da ferner dem Theo-

phrast es kaum entgangen wäre, dass dieses Mineral durch Erwärmung jene anziehende Kraft erhalte, wovon er nichts erwähnt, so bleibt diese Annahme immerhin unbegründet. Theophrast erzählt von jenem Lynkurion, dass es nicht nur Strohhalme und kleine Holzsplitter, sondern auch kleine Eisen- und Kupfertheilchen anziehe, wenn man es nur gehörig gerieben hat. Plinius, Strabo, Dioskorides, Plutarch und andere alte Schriftsteller erwähnen der nämlichen Erscheinung.[2]) Plinius erzählt auch von einem Steine, den er carbunculus nennt, dass er sowohl durch Reibung, als durch Sonnenwärme die Eigenschaft erlange, leichte Körperchen anzuziehen.

Auf dieses geringe Maß beschränkt sich die ganze Kenntnis von der Elektricität, welche sich überhaupt bei den Alten vorfindet. Im Verlaufe vieler Jahrhunderte geschah gar nichts, später beschränkten sich die Bemühungen der Naturforscher bloß auf die Aufsuchung der verschiedenen elektrischen Körper, und man entdeckte noch die gleiche Eigenschaft, wie am Bernstein, an der mit dem Namen Gagat bezeichneten Pechkohle.

Entdeckungen Gilberts im 17. Jahrhundert.

§. 2. Mehr als zwei Jahrtausende mussten verfließen, ohne dass auf diesem Gebiete ein Schritt vorwärts gemacht worden wäre. Erst am Schlusse des 16. Jahrhundertes erfährt die Kenntnis der elektrischen Erscheinungen eine wesentliche Erweiterung. Der Engländer Wilhelm Gilbert, Leibarzt der Königin Elisabeth, welcher im Jahre 1600 ein Werk über „den Magnet" veröffentlichte[3]), gelangte durch zahlreiche Versuche zur Überzeugung, dass außer Bernstein und Gagat noch viele andere Körper, insbesondere der Diamant, Saphir, Rubin, Opal, Amethyst, Beryll, Bergkrystall, verschiedene Spathe, Glas, Schwefel, Mastix, Siegellack die Fähigkeit erlangen, leichte Körper anzuziehen.[4]) Dabei machte er die Beobachtung, dass die elektrischen Erscheinungen bei trockener Luft, nördlichen und östlichen Winden stärker hervortreten, als bei feuchter Luft und bei südlichen Winden.

Es schienen ihm ferner einige Körper mehr, andere weniger elektrisch zu sein. Um dieses zu zeigen, legte er eine de

Compassnadeln ähnliche Nadel auf einen spitzig zulaufenden Zapfen und machte sie auf diese Weise beweglicher, als es ein jeder auf eine ebene Fläche gelegter leichter Körper ist. Auf diese Weise zeigte er die Anziehung, welche ein elektrischer Körper auf eine Nadel ausübte.

Man sah in damaliger Zeit die magnetische Wirkung als den Typus aller anziehenden Thätigkeit an, und so betrachtet auch Gilbert die Elektricität als eine Art Magnetismus. Dennoch gieng er um einige Schritte weiter und unterschied magnetische und elektrische Kräfte.[5] Auch ist er der Erfinder der letzteren Benennung, die bekanntlich von Elektron (Bernstein) genommen ist. Weiter bemerkt er, dass die elektrische Kraft alle leichten Körper anzieht, während die magnetische nur auf das Eisen wirkt, dass bei der elektrischen Anziehung sich nur der eine Körper bewege, bei der magnetischen jeder der beiden, dass das Reiben nothwendig sei, um einen Körper elektrisch zu machen, dass Metalle durch Reiben nicht elektrisch gemacht werden können, endlich hebt er als eine Verschiedenheit des Magnetismus und der Elektricität hervor, dass bei jenem Abstoßungen vorkommen, bei dieser nicht, was offenbar beweist, dass er nur die elektrische Anziehung kannte.

Gilberts glückliche Versuche lenkten die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diese Erscheinung. Die Mitglieder der berühmten florentinischen Academie del Cimento widmeten sich zuerst solchen Untersuchungen.[6] Sie machten unter anderem die Beobachtung, dass die elektrische Kraft des Bernsteins zerstört wird, wenn man ihn um eine Flamme herumführt.

Um das Jahr 1670 beschäftigte sich Robert Boyle in England mit demselben Gegenstande. Er beobachtete, dass die Elektricität aller Körper, bei welchen sich dieselbe hervorbringen lässt, sehr vermehrt wurde, wenn man die Körper, ehe sie gerieben wurden, rein abwischte und erwärmte. Auch soll er an verschiedenen Diamanten nach erfolgter Reibung ein Leuchten im Dunkeln beobachtet haben.[7] Er lieferte ferner, was das Wichtigste war, den Nachweis, dass die Anziehung zwischen dem geriebenen elektrischen Körper und dem genäherten eine gegenseitige sei. Übrigens scheint er zu keinem neuen allgemeinen Begriffe gelangt zu sein.

Guerike's Entdeckung der elektrischen Abstoßung.

§. 3. Um dieselbe Zeit beschäftigte sich der berühmte Erfinder der Luftpumpe Otto von Guerike (geb. 1602 zu Magdeburg), sehr viel mit den elektrischen Erscheinungen. Er war der Sohn eines Richters, studierte zu Leipzig, Jena und Leyden anfangs die Rechte, später aber fast nur Mathematik und Physik, und hat um diese Wissenschaften durch mehrere Erfindungen anerkannte Verdienste. Guerike durchreiste nach zurückgelegten Universitätsjahren Frankreich und England, wurde 1627 Rathsherr und 1646 Bürgermeister in seiner Vaterstadt und erhielt später den Titel eines brandenburgischen Rathes und das Adelsdiplom. Im Jahre 1681 legte er das Amt des Bürgermeisters nieder, und zog nach Hamburg, wo er 1686 starb. Guerike experimentierte[8]) mit geriebenen Schwefelkugeln. Er bildete nämlich eine Schwefelkugel dadurch, dass er Schwefel in einer Glaskugel schmolz, und dann nach Erkaltung desselben das Glas herum zerschlug und absonderte. Diese Schwefelkugel durchbohrte er und steckte sie auf eine Achse, mittels welcher er sie in Drehung versetzen konnte.

Als Reibzeug diente dabei die trockene Hand. Da auch kein Conductor vorhanden war, so kann dieser Vorrichtung wohl kaum noch der Name einer Elektrisiermaschine gegeben werden. Dennoch aber müssen wir darin bereits den ersten Schritt zur Erfindung derselben erkennen.

Er entdeckte, dass eine elektrische Kugel von Schwefel, die einen leichten Körper anzog, diesen später wieder abstieß, und dies so lange, bis dieser Körper mit irgend einem anderen Körper in Berührung gekommen war. Von dieser elektrischen Abstoßung wussten weder die Alten, noch Gilbert. Diese Entdeckung benutzte Guerike zu einer Menge interessanter Experimente, die man in den Lehrbüchern der Physik des 17. und 18. Jahrhunderts beschrieben findet.

Das elektrische Leuchten und Knistern.

§. 4. Schon im Jahre 1675 machte Picard in Paris zufällig die Beobachtung, dass sein Barometer, wenn es im Dunkeln in eine schaukelnde Bewegung versetzt wurde, in der torricelli

schen Leere ein eigenthümliches Leuchten zeigte.[9]) Auch Cassini hatte ein Barometer, das unter diesen Verhältnissen im Dunkeln leuchtete.

Da die meisten anderen Barometer diese Erscheinung nicht zeigten, nannte man dieselbe „mercurialischen" Phosphor, ohne den Grund derselben zu erkennen.

Auch dem gewandten Experimentator Guerike entgieng nicht ein Leuchten und ein schwaches Knistern an einer geriebenen Schwefelkugel. Es war indessen nur das schwache phosphorische Leuchten der Elektricität im Dunkeln, welches Guerike wahrnahm, den eigentlichen elektrischen Funken beobachtete er noch nicht.

Die Erscheinungen des Leuchtens und Knisterns hat der Engländer Wall im Jahre 1708 auf eine auffallende Weise wahrgenommen.[10]) Er bemerkte an einem geriebenen großen Stück Bernstein ein Leuchten im Dunkeln, und vernahm ein schwaches Knistern, welches stärker wurde, wenn jemand seinen Finger in einer kleinen Entfernung vom Bernstein hielt.

„Was mich hiebei am meisten in Erstaunen setzte," schreibt Wall, „war dieses, dass die Lichtflamme bei ihrem Herausfahren den Finger, wo sie auch hintraf, auf eine gar empfindliche Art, mit einem plötzlichen Stoße oder Blasen, gleich einem Winde berührte. Ich zweifle nunmehr nicht, dass wenn man nur ein längeres und größeres Stück Bernstein nähme, nicht auch das Knistern sowohl, als das Licht weit stärker sein würde. Dieses Licht und Knistern scheint einigermaßen Donner und Blitz vorzustellen!"

Fast zu gleicher Zeit beschäftigte sich Hawkesbee, Curator of experiments der Royal Society, mit Versuchen auf dem Gebiete der Elektricität und veröffentlichte im Jahre 1709 seine Arbeiten.[11]) Er experimentierte mit Glaskugeln und mit Glascylindern, später mit Kugeln aus Siegellack, Schwefel und Harz, und beobachtete die verschiedenen Wirkungen der Anziehung und Abstoßung an leicht aufgehängten Fäden. Auch stellte er mit Hilfe der Luftpumpe Versuche über die elektrischen Erscheinungen, besonders über das elektrische Licht im luftverdünnten Raume an, und erklärte, das Leuchten in

unvollkommen ausgekochten Barometern möge wohl durch das Reiben am Glase hervorgebracht werden und sei eine elektrische Erscheinung. Er machte zuerst aufmerksam auf „die große elektrische Kraft“ des Glases, welchem man seitdem bei Erzeugung von Elektricität den Vorzug vor anderen Körpern gab. Er erwähnt ferner bereits, dass die Hand, dem geriebenen Glase genähert, an der Oberfläche auf dieselbe Art afficiert würde, als wenn man in ein Spinngewebe griffe.

Der erste, welcher elektrische Funken beobachtete, war demnach Wall, nach ihm aber Hawkesbee, welcher aus einer geriebenen Glaskugel, an die er einen Finger näherte, schon in einem Abstande von 1 Zoll einen elektrischen Funken erhielt.

§. 5. Du Fay, Mitglied der Academie in Paris, geboren zu Paris 1698, war der erste, welcher elektrische Funken an elektrisierten lebendigen Körpern wahrnahm. Er ließ sich selbst an seidenen Schnüren schwebend befestigen und hierauf elektrisieren. Da bemerkte er, dass sobald jemand die Hand beiläufig auf einen Zoll, seinem Gesichte, seinen Füßen, Händen oder Kleidern näherte, sofort aus seinem Körper elektrische Funken unter Knistern in die genäherte Hand übersprangen. Er berichtet, dass diese Funken sowohl ihm als jener Person, welche die Hand genähert hatte, einen kleinen stechenden Schmerz verursacht haben.[12]) Der Abt Nollet, welcher häufig mit Du Fay experimentierte, erzählt,[13]) dass er es nie vergessen werde, wie sehr er sowohl, als Du Fay mit ihm, von dem ersten elektrischen Funken, der aus ihren eigenen Körpern sprang, überrascht worden sei.

Ein ähnliches Überspringen von Funken wurde beobachtet, wenn der elektrisierten Person Metallstücke genähert wurden. Eine sonderbare Art, den Funken zu erhalten, war unter dem Namen des „elektrischen Kusses“ bekannt.

Du Fay bemerkte ferner, dass eine Katze elektrische Funken von sich gab, wenn man sie früher, indem sie auf einem seidenen Kissen saß, mit der Hand gestrichen hatte.[14]) Auch machte e bereits Versuche, brennbare Stoffe, wie z. B. Zündschwamm und Schießpulver, durch elektrische Funken anzuzünden, welche ihm jedoch nicht gelangen.

Leitung der Elektricität.

§. 6. Im Laufe eines Jahrhunderts seit Gilbert beschränkten sich die Fortschritte auf dem Gebiete der Elektricitätslehre auf Weniges. Man hatte gefunden, dass manche Körper mehr, andere weniger durch Reibung elektrisch werden, dass durch einen elektrischen Körper nach erfolgter Anziehung leichter Körperchen Abstoßung erfolge, dass bei elektrischen Körpern ein phosphorisches Leuchten, ja sogar von einem Knistern begleitete Funken wahrgenommen werden können. Von dem Unterschiede, welchen die Körper bezüglich der Elektricitätserregung und Elektricitätsleitung darbieten, wusste man noch nichts. Nach Hawkesbee ruhten die Entdeckungen fast zwanzig Jahre hindurch. Hierauf aber begann im Jahre 1729 mit dem Engländer Stefan Gray, Mitgliede der Academie der Wissenschaften in London, eine ganz neue Epoche für die Elektricitätslehre. Er fand, dass die Anziehung und Abstoßung, welche elektrische Körper äußern, auch in anderen Körpern hervortritt, wenn diese mit jenen in Berührung kommen, dass also die durch Reibung in gewissen Körpern erzeugte Elektricität anderen mitgetheilt werden könne. Gray bemerkte nämlich im Februar des Jahres 1729, als er mit einer an beiden Enden zur Abhaltung des Staubes durch Korke verschlossenen Glasröhre experimentierte, dass eine dem einen Ende der Glasröhre genäherte Flaumfeder nicht nach der Röhre, sondern nach dem Korkstöpsel hinflog und hierauf von demselben wieder zurückgestoßen wurde. Der scharfsinnige Mann verfolgte mit Ausdauer diese auffallende Erscheinung und gelangte endlich zu dem wichtigen Schlusse, dass von der elektrisch gemachten Glasröhre wirklich die elektrische Kraft dem Stöpsel mitgetheilt worden sei. Er befestigte hierauf eine elfenbeinerne Kugel an einem vier Zoll langen fichtenen Stab, dessen anderes Ende er in den Kork teckte, um zu sehen, ob sich die Elektricität noch weiter ortleiten lasse. Da überzeugte er sich nun, dass die Kugel nit noch größerer Lebhaftigkeit, als es früher der Kork gethan, ie Feder anzog und wieder zurücktrieb, indem sie ihr Anziehen nd Zurückstoßen mehrmal nach einander wiederholte.

Als er statt des Stäbchens einen Draht von einer beträchtlichen Länge anwendete, um die Kugel mit dem Korke zu verbinden, wurde das Schwanken des Drahtes beim Reiben der Röhre unbequem. Da kam er auf den Gedanken, die Kugel an einem Bindfaden zu befestigen und mittelst einer Schleife an der Röhre aufzuhängen. Auf diese Weise wurde die Elektricität längs des Fadens zur Kugel herabgeleitet. Er bestieg hierauf einen 26 englische Fuß hohen Balkon und fand, dass auch jetzt die an dem Ende des Bindfadens befestigte Kugel leichte Körper, welche im Hofe lagen, anzog.

Zuletzt versuchte er die Elektricität horizontal fortzuleiten. Er befestigte zu diesem Behufe einen Bindfaden mit dem einen Ende an einem Nagel, den er in einen Balken geschlagen hatte, und brachte an dem anderen Ende des herabhängenden Fadens eine Schleife an, durch welche er die Schnur führte, an der seine elfenbeinerne Kugel befestigt war, und verband das andere Ende dieser Schnur mittelst einer Schleife mit seiner Röhre. Auf diese Art hieng ein Theil der Schnur, woran die Kugel befestigt war, senkrecht, während der übrige Theil der Schnur sich horizontal befand. Hierauf rieb er die Röhre, aber die Kugel zeigte keine Spur von elektrischer Anziehung. Gray zog hieraus den richtigen Schluss, dass die Elektricität durch den am Balken hängenden Faden nach diesem fortgeleitet werde, so dass nichts oder nur sehr wenig zur Kugel gelangen konnte. Dennoch konnte er kein Mittel finden, dies zu verhindern.

Noch in demselben Jahre besuchte Gray seinen Freund **Wheeler**, um vor demselben seine elektrischen Experimente auszuführen und theilte demselben auch den misslungenen Versuch mit, die Elektricität horizontal fortzuleiten. Wheeler machte nun den Vorschlag, den die Elektricität fortleitenden Faden nicht an einer hänfenen, sondern an einer seidenen Schnur zu befestigen. Gray hielt dies für zweckmäßig, weil er glaubte, dass durch die dünnere Seidenschnur weniger Elektricität abgeleitet würde, als durch die dickere Hanfschnur. Dieses Mittel wirkte weit über ihre Erwartungen. Sie spannten nämlich eine Schnur, deren mittlerer Theil aus Seide bestand, horizontal aus. Alsdann legten sie die Schnur, woran die elfenbeinerne Kugel hieng, und

welche mit dem anderen Ende mittelst einer Schleife an der Röhre befestigt war, quer über die Seidenschnur. Der horizontale Theil des Fadens von der Röhre bis zur Seidenschnur hatte eine Länge von 80½ engl. Fuß, die Kugel hieng ungefähr 9 Fuß unter derselben. Als nun die Röhre gerieben wurde, zog die Kugel leichte Körper an. Der Versuch gelang auch dann noch, als die Schnur auf 124 Fuß verlängert wurde.

Gray und Wheeler versuchten ferner die Schnur mehrmal hin und her zu führen und die Elektricität durchzuleiten. Bei dieser Gelegenheit riss die Seidenschnur, welche das Gewicht nicht zu tragen vermochte. Sie nahmen hierauf statt der Seidenschnur einen Messingdraht, von welchem sie glaubten, dass er wegen seiner geringen Dicke ebenfalls die Elektricität nur wenig ableiten würde. Doch in diesem Falle zeigte die Kugel nicht den geringsten Grad von Elektricität. Sie nahmen nun wieder Seidenschnüre und zwar von hinreichender Stärke, worauf es ihnen gelang, die Elektricität auf 765 Fuß weit fortzuführen.[15]) So gelangten sie denn zur Überzeugung, dass der glückliche Erfolg nicht davon abhieng, dass die Schnüre dünn waren, sondern dass sie aus Seide bestanden, denn die Elektricität wurde durch den dünnen Messingdraht wie durch die dicke Hanfschnur abgeleitet.

Auf gleiche Art bemerkte man aller Wahrscheinlichkeit nach um dieselbe Zeit, dass außer Seide noch andere Körper die Elektricität „nicht“ leiten und man gelangte zum Begriffe von guten und schlechten Elektricitätsleitern.

Diese Entdeckung wurde nun von Gray auf die mannigfaltigste Weise ausgebeutet, indem er die verschiedenartigsten Körper elektrisierte. Er elektrisierte auch Knaben, welche er an Haarschnüren befestigt hatte, so wie auch einen auf einem Harzkuchen stehenden Knaben.

Professor Aepinus in Petersburg sprach bereits in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhundertes eine sehr wichtige Ansicht bezüglich der Leiter und sogenannten Nichtleiter aus. Er sagt nämlich, man könne nicht schlechthin Leiter und Nichtleiter unterscheiden, sondern nur in Bezug auf den Widerstand, welchen sie der Elektricität entgegensetzen und mit Rück-

sicht auf die Zeit, welche zum Fortleiten erforderlich sei. Er nennt Leiter jene Körper, bei denen der Widerstand sehr klein oder gleich Null sei. Nichtleiter solche, wo derselbe sehr groß sei, daher erfordere eine Entladung durch Leiter sehr kurze Zeit, durch Nichtleiter aber längere Zeit.

Entdeckung zweier verschiedener Elektricitäten.

§. 7. Bisher schien England fast allein dazu ausersehen, diesen wichtigen Gegenstand zu pflegen und den Kreis elektrischer Versuche zu erweitern; nun aber begann eine ernstliche Thätigkeit auch in anderen Ländern und es gelang vorzüglich dem Franzosen Du Fay, einige wichtige allgemeine Gesetze aufzufassen [16]).

Vor allem wiederholte und erweiterte er Gray's Versuche. Als er nach Gray's Weise das Experiment über die Fortleitung der Elektricität mittelst einer Schnur anstellte, bemerkte er, dass der Versuch besser gelang, wenn er die Schnur nass machte. Bei einem solchen Versuche wurde die Elektricität in eine Entfernung von 1256 Fuß fortgeleitet. [17])

Seine beiden Hauptentdeckungen waren folgende. „Ich entdeckte,“ sagt er, „ein sehr einfaches Princip, das einem großen Theile der Anomalien und Sonderbarkeiten entspricht, von welchen die meisten elektrischen Experimente begleitet zu sein scheinen. Dieses Princip besteht darin, dass die elektrischen Körper alle diejenigen anziehen, die nicht elektrisch sind, und sie im Gegentheile abstoßen, sobald sie durch die Annäherung oder Berührung jener elektrischen Körper ebenfalls elektrisch geworden sind. — Wendet man diese Regel auf die verschiedenen Experimente an, so wird man erstaunen über die große Menge von dunkeln und räthselhaften Erscheinungen, die dadurch aufgeklärt werden.“

Mit Hilfe dieses Grundsatzes unternahm er es auch, verschiedene von Hawkesbee angestellte Versuche zu erklären.

Die zweite von Du Fay gemachte wichtige Entdeckung ist die, dass es zwei verschiedene Elektricitäten gibt. „Der Zufall,“ sagt er weiter, „ließ mich ein anderes Princip finden,

welches noch merkwürdiger und allgemeiner ist, als das vorhergehende, und das zugleich ein ganz neues Licht auf diesen Gegenstand wirft. Es gibt nämlich zwei verschiedene und einander entgegengesetzte Elektricitäten, von denen ich die eine die Glas-Elektricität (électricité vitrée), die andere die Harz-Elektricität (électricité résineuse) nennen will. Jene äußert sich in Glas, in Edelsteinen, Thierhaaren, Wolle u. s. w., diese aber in Bernstein, Gummilack, Seide u. s. w. Das unterscheidende Kennzeichen dieser zwei Elektricitäten besteht darin, dass sie sich selbst abstoßen, und im Gegentheile eine die andere anziehen." Die Bezeichnung + und — Elektricität brachte erst der Physiker, Philosoph und satyrische Schriftsteller Georg Christof Lichtenberg (geb. bei Darmstadt 1742, gest. 1799), welcher auch die Staubfiguren entdeckte, zur allgemeinen Annahme.

Um zu erfahren, zu welcher von beiden Elektricitäten ein elektrischer Körper gehöre, machte Du Fay einen Seidenfaden elektrisch und näherte ihn dann dem durch Reiben elektrisch gemachten Körper. Stieß dieser den Faden zurück, so schloss er daraus, dass letzterer mit jenem gleichnamig elektrisch sei, nämlich „Harz-Elektricität" besitze, zog er hingegen denselben an, so schloss er auf „Glas-Elektricität." [18]).

Über die Geschichte dieser wichtigen Entdeckung ist indessen nichts Näheres bekannt. Die Entdeckung scheint auch nicht die verdiente Aufmerksamkeit auf sich gezogen zu haben, und es gewann bald die Ansicht die Oberhand, dass die beiden Arten der Elektricität bloß dem Grade nach von einander verschieden wären, und dass die stärkere die schwächere anzöge. Du Fay bemerkte ferner, dass mitgetheilte Elektricität dieselbe Eigenschaft mit der durch Reibung erzeugten besaß, denn, als seine elfenbeinernen Kugeln mittelst einer Glasröhre elektrisch gemacht wurden, so stießen sie alle Körper zurück, welche die Glasröhre zurückstieß, und zogen alle jene an, welche von der Röhre angezogen wurden. Wurde den Kugeln dagegen Harz-Elektricität mitgetheilt, so stießen sie alle Körper ab, welche Harz-Elektricität erhalten hatten.

Durch die interessanten Experimente Du Fay's wurde auch Gray wieder zu erneuter Thätigkeit angespornt. Gray

befestigte eine Metallstange an seidenen Schnüren, elektrisierte sie und versuchte nun derselben elektrische Funken durch Annäherung der Hand zu entlocken, was auch gelang. Als er bei einer solchen Gelegenheit eine an beiden Enden zugespitzte Eisenstange auf die genannte Weise befestigte und im Dunkeln elektrisierte, gewahrte er zu seinem Erstaunen zu beiden Seiten dieser Stange einen Lichtkegel. Er machte bereits darauf aufmerksam, dass es bei der Elektrisierung eines Körpers nicht auf die Masse, sondern auf die Größe der Oberfläche ankomme, indem ein hohler Körper eben so viel Elektricität annehme, wie ein massiver von gleicher Größe und demselben Stoffe.

Zahlreiche Versuche, bei denen die Einbildungskraft Gray's eine überwiegende Rolle spielte, und bei denen Täuschungen unterliefen, müssen wir natürlich übergehen, und wir wenden uns sogleich zu dem eifrigen Forscher Desaguliers (geb. 1683 zu La Rochelle, Mitglied der Royal Society, gest. 1744 als Hofprediger des Prinzen von Wales, zu London).

Eintheilung der Körper in „für sich elektrische" und „Conductoren."

§. 8. Desaguliers war der erste, welcher besonders durch die Versuche Du Fay's geleitet, alle Körper in zwei Classen theilte, nämlich in für sich elektrische (corpora electrica per se), in denen sich Elektricität durch Reiben erzeugen lässt, und in nicht elektrische oder Conductoren, „zu welchen die elektrische Glasröhre ihre Elektricität fortbrachte; welche Benennung man nachher bis auf alle diejenigen Körper, welche dergleichen Kraft anzunehmen fähig sind, ausgedehnt hat". [19])

Ganz wichtige Ansichten spricht Desaguliers in folgendem aus: „Ein für sich elektrischer Körper verliert seine Elektricität nicht auf einmal, sondern nur in jenen Theilen, mit denen unelektrische in Berührung gebracht werden. Ein Conductor, welcher die Elektricität empfangen hat, verliert sie auf einmal bei Annäherung eines anderen Leiters."

Wiewohl die hier erwähnten Erscheinungen nicht ganz genau dargestellt sind, so bleiben diese Mittheilungen jedenfalls sehr

beachtenswert. Seine Versuche fallen besonders in die Zeit von 1739 bis 1742. Erwähnenswert ist auch sein Versuch, durch welchen er einen aus einem kleinen Springbrunnen aufsteigenden Wasserstrahl durch eine elektrische Glasröhre ablenkte.[20])

Folgende Verzeichnisse von „für sich elektrischen Körpern“ und von Leitern finden wir bereits drei Decennien später in der Elektricitätslehre des Tiberius Cavallo 1777 angeführt. Für sich elektrische Körper: Glas, alle Edelgesteine, worunter die durchsichtigsten die besten, alle Harze, Bernstein, Schwefel, im Ofen gedörrtes Holz, alle bituminösen Substanzen, Wachs, Seide, Baumwolle, alle trockenen Substanzen aus dem Thierreiche, als Federn, Wolle, Haare u. dgl., Papier, weißer Zucker, Luft, Asche von animalischen und vegetabilischen Substanzen, Rost der Metalle, alle trockenen vegetabilischen Substanzen, alle harten Steine, worunter die härtesten die besten sind.

Viele von den oben benannten Substanzen, und vielleicht alle, mit denen sich der Versuch anstellen lässt, verlieren, wenn sie sehr heiß sind, die Eigenschaft elektrischer Körper und werden dadurch völlig in Leiter umgewandelt. Leiter: Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, Zinn, Quecksilber, Blei, Halbmetalle, Erze, worunter diejenigen die besten sind, in welchen das Metallische den größten Theil ausmacht, und die den Metallen selbst am nächsten kommen, Kohlen von animalischen oder vegetabilischen Substanzen, alle flüssigen Körper, Luft und Öle ausgenommen, die Ausflüsse brennender Körper, Eis, Schnee, die meisten salzigen Substanzen, worunter die metallischen Salze die besten sind, steinartige Substanzen, unter denen die härtesten die schlechtesten sind, Rauch, Dünste, die aus heißem Wasser aufsteigen.

Weitere Ansichten des Cavallo sind folgende: Alle Körper, in welchen von den oben benannten Leitern etwas in größerer oder geringerer Menge enthalten ist, sind in eben diesem Verhältnisse auch Leiter; so sind grüne Pflanzen, rohes Fleisch u. s. w. Leiter in Betracht der flüssigen Theile, die sie enthalten.

Aus diesem Grundsatze folgt, dass alle elektrischen Körper, ehe man die ursprüngliche Elektricität in ihnen erregt, wohl gereinigt, getrocknet und einige sogar stark erwärmet werden

müssen, um alle Feuchtigkeit herauszutreiben. Sonst werden sie so wenig die Natur elektrischer Körper haben, dass sie vielmehr wegen der Beimischungen, die sie in ihren Zwischenräumen oder auf ihrer Oberfläche enthalten, wirkliche Leiter sein werden.

Es bleibt hier noch zu bemerken, dass sich oft einerlei Materien, wenn sie auf verschiedene Art zubereitet werden, aus Leitern in Nichtleiter und umgekehrt verwandeln. Ein frisch vom Stamme abgehauenes Stück Holz ist ein guter Leiter; man dörre es durch die Hitze, so wird es ein elektrischer Körper, man brenne es zu Kohle, so wird es aufs neue ein guter Leiter, man verbrenne endlich die Kohle zu Asche, so lässt sich diese nicht mehr von der Elektricität durchdringen. Eben solche Verwandlungen nimmt man bei noch vielen anderen Körpern wahr, und wahrscheinlicher Weise gibt es bei allen Materien einen solchen Übergang von den besten Leitern zu den besten Nichtleitern der Elektricität.

Elektrisiermaschinen.

§. 9. Nach Desaguliers im Jahre 1742 treten auch deutsche Physiker auf dem Gebiete der Elektricität in den Vordergrund.

Christ. Aug. Hausen, Professor der Mathematik zu Leipzig, führte statt der damals üblichen Glasröhren wieder Glaskugeln ein, wie sie bereits Hawkesbee gebraucht hatte [21]). Ihm folgte in dieser Beziehung Bose, Professor der Naturwissenschaften zu Wittenberg. Zum Reiben der Kugeln, wie früher der Glasröhren, wurde die trockene Hand benützt. Wiewohl Professor Winkler an der Universität zu Leipzig statt der Hand ausgestopfte lederne Kissen zum Reiben zu gebrauchen begann, blieben doch die meisten bei der alten Gewohnheit.

Bose verwendete als Conductor eine eiserne oder blecherne Röhre, welche zuerst von einem auf einem Pechkasten stehenden Menschen gehalten und später an seidenen Schnüren horizontal aufgehängt wurde. [22])

Durch diese Einrichtung war die Elektrisiermaschine erst vollständig, sie hatte Reibzeug und Conductor, aber die Ausführung war noch sehr roh.

Um eine schnellere Umdrehung der Kugel zu bewirken, war die Achse derselben durch einen Schnurlauf mit einem größeren Rade verbunden, welches mittelst einer Kurbel umgedreht wurde. Von dem einen Ende des Conductors reichte eine Metallkette bis an die Schwefelkugel herab. (Fig. 1.)

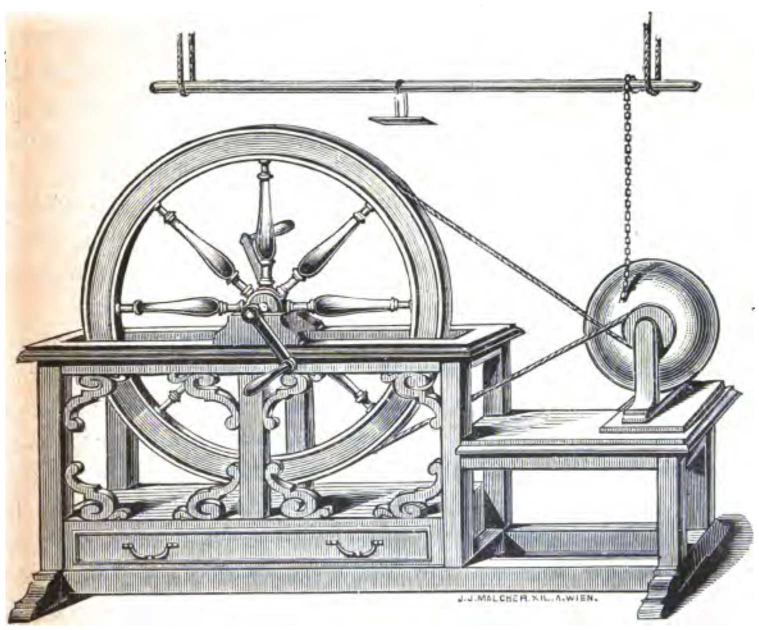


Fig. 1. Alte Elektrisiermaschine

Die Wirkungen von manchen solchen Elektrisiermaschinen werden in ungemein übertriebener Weise geschildert, und die meisten Berichte darüber verdienen daher keinen Glauben. Dagegen ist es erwiesen, dass man bereits damals entzündbare Stoffe durch elektrische Funken entzündete. Ein solches Experiment wurde im Jahre 1744 in einer allgemeinen Versammlung der königl. Academie der Wissenschaften in Berlin, in Gegenwart einiger hundert Personen angestellt, indem rectificierter Weingeist entzündet wurde. Wenige Wochen später entzündete W i n k l e r mit einem Funken aus seinem eigenen Finger Weingeist und andere Stoffe[23]), G r a l a t h ein eben er-

loschenes Licht[24]) und Bose Schießpulver. Letzterer überzeugte sich auch durch mühevolle Versuche, dass das Gewicht der Körper durch Elektricität nicht verändert werde.

Das Interesse für den Gegenstand wurde wegen des Reizes der Neuheit immer allgemeiner, und es wurden fortwährend neue Experimente bekannt gemacht. Man erfand einen Stern und ein Rädchen, welche beide durch Elektricität herumgedreht wurden. Gordon, Benedictiner zu Erfurt, erfand das elektrische Glockenspiel. Im Jahre 1745 wurden elektrische Versuche in Deutschland und Holland für Geld wie Schauspiele aufgeführt.

Gottfried Heinrich Grummert, welcher sich viel mit dem elektrischen Lichte in luftleeren Glasröhren beschäftigte, schlägt bereits vor, dieses Licht in Bergwerken und an anderen Orten, „wo gemeines Feuer und andere Lichter nicht brennen wollen“ zu gebrauchen.

Die neuen Versuche der deutschen Physiker wiederholte der Engländer William Watson[25]), welcher anfangs Apotheker in London gewesen war, später aber (1741) wegen seiner großen naturwissenschaftlichen Kenntnisse zum Mitgliede der königl. Academie der Wissenschaften und zum Conservator im britischen Museum ernannt wurde. Watson erklärte, dass die elektrische Kraft durch den geriebenen Glascylinder nicht erzeugt, wie man bisher glaubte, sondern nur gesammelt werde. Er entdeckte die verschiedenen Farben der elektrischen Funken, welche aus verschiedenen Körpern gezogen werden. Er fand, „dass die Elektricität bei ihrem Durchgange durch das Glas keine Brechung erleide, dass ihre Kraft durch die Nähe des Feuers nicht verändert werde.“

Auch bemerkten er und der Maler Wilson zu London, dass, wenn die Glaskugel oder der Glascylinder einer Elektrisiermaschine kräftigere Elektricität geben solle, das Reibzeug durch einen Metalldraht mit dem Boden in Verbindung gebracht werden müsse. Er sah aber den Grund durchaus nicht ein, denn er war der Meinung, dass der Draht die Elektricität aus dem Boden in die Kugel hineinführe.

Es ist natürlich, dass man bei so eifrigem Experimentieren den Elektrisiermaschinen immer mehr Aufmerksamkeit zuwen-

dete und sie zu vervollkommnen bemüht war. In Frankreich und England, in welche Länder sie verbreitet wurden, erfuhren die Elektrisiermaschinen mannigfache Abänderungen. So erbaute Benjamin Wilson um das Jahr 1746 eine Cylinder-Maschine, deren Conductor einen Kamm mit Metallspitzen zum Einsaugen der Elektricität trug.

Die erste Scheibenmaschine rührt erwiesenermaßen von dem Seminardirector Planta zu Haldenstein 1755 her, obwohl einige behaupten, dass Ingenhouß, Arzt und Mitglied der Royal Society sie zuerst angewendet habe.

Eine wichtige Verbesserung erfuhr das Reibzeug um das Jahr 1762 durch John Canton, Leiter einer Privatschule und Mitglied der Royal Society, der das Reibzeug seiner Maschine mit einem Amalgam von Quecksilber und Zinn, dem er etwas Kreide beigemischt hatte, zu bestreichen anfieng. Er kam auf diesen Gedanken durch die Thatsache, dass Quecksilber in Glasröhren durch Schütteln und Reiben elektrisch werde.

Die Anwendung einer Umhüllung des geriebenen Glascylinders mit Wachstaffet, um die Zerstreuung der erregten Elektricität zu hindern, begann erst im Jahre 1773.

Bereits schon früher wurden riesige Scheibenmaschinen, angefertigt. So besaß der Duc de Chaulnes (gest. 1769), Pair von Frankreich und Ehrenmitglied der Pariser Academie, eine Maschine, deren Scheibe einen Durchmesser von 1·6 Meter hatte und Funken von einem halben Meter Länge gegeben haben soll. Die berühmteste aber war später die im Harlemer sogenannten Teylerschen Museum befindliche, welche Van Marum, Vorsteher dieses Museums im Jahre 1783 beschrieb Diese besaß acht Reibkissen und zwei Scheiben von 65 engl. Zoll im Durchmesser, gab Funken von 24 Zoll Länge und wirkte schon aus einer Entfernung von 40 Fuß bedeutend auf ein Elektrometer. Der Conductor besaß eine Oberfläche von $23^1/_2$ Quadratfuß. Um die Maschine in Bewegung zu setzen, waren zwei Männer erforderlich.

So großartig die Leistung dieser Maschine erscheinen mag, so hat doch van Marum bei kleinerem Scheibendurchmesser größere Wirkungen durch eine andere Construction erhalten,

die aber später von anderen vielfach abgeändert wurde. Van Marums Maschine ist in nebenstehenden zwei Bildern (Fig. 2 und 3) dargestellt. Mittels derselben war man bereits imstande, nach Belieben die positive oder die negative Elektricität zu sammeln. An zwei Hohlkugeln aus Messing, welche sich auf Glasfüßen an den Enden des horizontalen Durchmessers der Scheibe befanden, waren die beiden Reibzeuge angebracht. Die Maschine besaß zwei Metallbogen *AB* und *CD*, deren einer *CD* an dem Ableiter, der andere an dem Conductor M sich befand. Diese beiden Bogen mussten so gestellt werden, dass die Ebene des einen Bogens mit der des anderen einen rechten Winkel bildete.

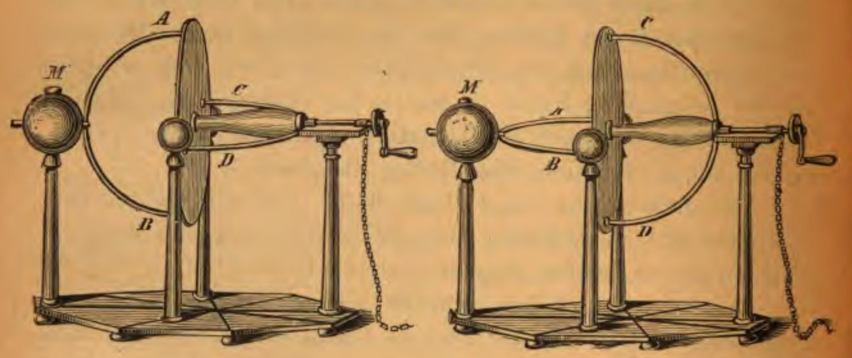


Fig. 2. Fig. 3.
Marums Elektrisiermaschine.

Es ist leicht einzusehen, dass wenn der Bogen des Conductors vertical stand, der Conductor positive Elektricität erhielt, während die negative durch eine Kette abgeleitet wurde, weil der Bogen *CD* mit den Reibzeugen in Berührung kam. Bei horizontaler Lage des Bogens des Conductors kam dieser mit den Reibzeugen in Berührung, erhielt demnach negative Elektricität, während die positive abgeleitet wurde.

Van Marum schlug auch vor, statt des Glases Scheiben von Gummilack zu nehmen, weil von diesem weniger Feuchtigkeit aus der Luft angenommen werde.[26]) Überhaupt begann man statt des Glases auch andere Substanzen, welche beim Reiben elektrisch werden, zu verwenden. Auch bezüglich des Amalgams wurden die verschiedensten Mischungen versucht,

unter denen als die wirksamste sich die Kienmayer'sche zu Wien heraustellte.[27])

Auch die Maschine von Nairne, welcher Mechaniker in London war, und daselbst 1806 starb, war so eingerichtet, dass sie beide Elektricitäten gab, jedoch gleichzeitig auf verschiedenen Conductoren. Nach späteren Verbesserungen hatte sie einen um eine horizontale Achse *b* drehbaren großen Glascylinder *a*, der in seiner ganzen Länge durch ein einziges Kissen *e* gerieben wurde. (Fig. 4) Dieses Kissen war mit dem einen Conductor *r* in Verbindung. Der Conductor *v*), welcher dem Kissen diametral gegenüberstand, war gegen den Glascylinder zu mit Spitzen versehen. Der obere Theil des Cylinders war mit einem Stücke Wachstaffet besetzt, welches am Reibzeuge befestigt war. Wollte man den mit Spitzen versehenen Conductor mit einer starken Ladung von positiver Elektricität versehen, so musste der das Reibzeug tragende mit dem Erdboden leitend verbunden werden, dagegen musste umgekehrt ersterer mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt werden, wenn man eine starke negative Ladung des zweiten Conductors beabsichtigte.

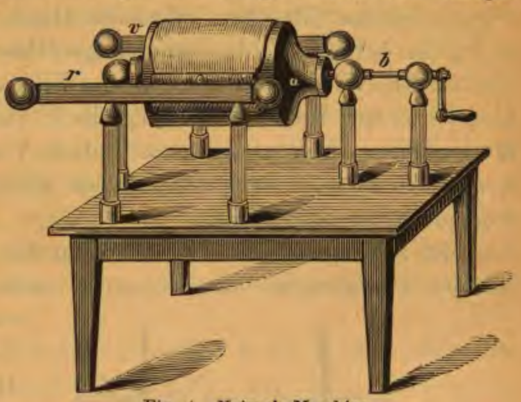


Fig. 4. Nairne's Maschine.

Die Leydenerflasche.

§. 10. Gegen Ende des Jahres 1745 wurde durch den Domherrn von Kleist zu Camin in Pommern eine Aufsehen erregende Entdeckung gemacht, wodurch es möglich wurde, den die elektrischen Funken begleitenden Erschütterungen eine größere Intensität zu geben. Derselbe berichtet hierüber in einem unterm 4. November 1745 an den Dr. Lieberkühn

in Berlin geschriebenen Briefe, dass wenn ein Nagel oder starker Draht in ein Medicingläschen, welches man in der Hand hält, gesteckt und elektrisiert wird, und man während des Elektrisierens den Finger der anderen Hand an den Nagel oder Draht hält, der herausfahrende Funke so stark ist, dass Arme und Achseln davon erschüttert werden. Das Gläschen muss recht trocken und warm sein. Wenn das Gläschen nur kurz, etwa zwei Zoll lang ist, so springe der Funke von selbst nach dem Finger der das Gläschen haltenden Hand. Einige Male wären durch den heftigen Schlag dünnhalsige Gläser zersprengt worden. Die starke Wirkung wäre jedoch nicht erfolgt, wenn Kleist das Glas auf Holz, Glas, Siegellack und dgl. gekittet. Da Kleist das Princip der elektrischen Vertheilung noch nicht kannte, so hielt er den menschlichen Körper zum Gelingen des Versuches für nothwendig.

Zu Anfang des Jahres 1746 machte Cunäus, ein angesehener Privatmann von Leyden, ohne von Kleists Versuchen etwas zu wissen, dieselbe Entdeckung. Da man nämlich bemerkt hatte, dass elektrisierte Körper sehr bald einen großen Theil ihrer Elektricität an die sie umgebende atmosphärische Luft verloren, so verfiel man auf den Gedanken, diese Körper mit Nichtleitern zu umgeben und in dieser Beziehung erschien Glas als am geeignetsten. Als nun Cunäus Wasser in einem Glase, welches er in der Hand hielt, elektrisiert hatte (Fig. 5) und den Draht, welcher die Elektricität hinzuleitete, mit der anderen Hand von der elektrischen Röhre losmachen wollte, so wurde er durch einen plötzlichen Schlag in seinen Armen und in der Brust erschreckt.



Fig. 5. Cunäus' Versuch

Diese Versuche wurden nun überall nachgemacht und fortgesetzt. Das Sonderbare dieser Erscheinung und die Plötzlichkeit des Schlages veranlasste manche Übertreibungen von der Heftigkeit dieser Kraft. So berichtete Professor Muschenbroek in Holland in einem Briefe an Réaumur in Paris, dass er durch einen solchen Schlag in den Armen, Schultern und in der Brust in der Art betäubt worden sei, dass er auf einige Augenblicke den Athem verloren und sich erst nach zwei Tagen von Schlag und Schrecken erholt habe. Ja er schreibt sogar, dass er einen zweiten solchen Schlag selbst für das Königreich Frankreich nicht mehr ausstehen wollte.[28]) Noch komischer ist der Bericht des Professors Winkler in Leipzig, welcher erzählt, dass er nach dem ersten Experimente starke Convulsionen empfunden habe, und dass sein Blut so stark erhitzt worden sei, dass er ein hitziges Fieber befürchtete und sich habe kühlende Arzneien geben lassen.[29]) Dagegen wünschte Bose, durch einen solchen Schlag einmal sterben zu können.[30])

Man kann sich leicht vorstellen, welches neue Interesse diese Berichte bei Personen jedes Alters und Standes erweckten. An allen Orten wurden nun Versuche angestellt. Gralath, Bürgermeister in Danzig, nahm statt des Arzneigläschens eine Glasphiole von fünf Zoll im Durchmesser mit einem 10 Zoll langen engen Halse und einen starken Eisendraht mit einer Metallkugel. Er fand zuerst, dass der elektrische Stoß durch eine Reihe von Menschen gieng, die sich an den Händen hielten, wenn die an dem einen Ende der Reihe befindliche Person die Phiole außen berührte und die am anderen Ende stehende den zur Innenseite der Phiole führenden Draht anfasste. Auf diese Weise leitete er am 20. April 1746 in einer öffentlichen Versammlung die elektrische Erschütterung durch zwanzig Personen.

Er machte bereits die Beobachtung, dass ein solcher Verstärkungsapparat nicht nach einer einzigen Berührung seine Kraft verlor, sondern dass man mehrere Funken nach einander erhalten konnte, welche jedoch immer schwächer wurden.[31]) Auch wird ihm die erste Zusammensetzung einer Art elektrischer Batterie zugeschrieben.[32])

Prof. Winkler versuchte später eine Entladung der Flasche, ohne den menschlichen Körper einem Schlage auszusetzen. Er legte nämlich um die Glasflasche eine Eisenkette, welche sich auf einem zinnernen Teller befand; auf diesen stellte er ein oben abgerundetes Metall und zwar in einer solchen Entfernung von der elektrisierten Röhre, dass zwischen dieser und dem Metall ein Funke überspringen konnte.

Nachdem sich Winkler durch verschiedene Versuche überzeugt hatte, dass die unmittelbare Berührung der Glasflasche nicht unumgänglich nöthig sei, und später Watson gefunden, dass die Stärke des Schlages sich wie die Anzahl der Berührungspunkte der äußeren Fläche des Glases mit den Leitern verhielt, so überzogen Watson und Bevis die äußere Glasfläche bis zum Halse mit Zinnfolie oder dünnem Blei, worauf sie eine Verstärkung des geladenen Glases bemerkten. Dieses veranlasste Watson, drei irdene Krüge, in welche er Schrotkörner gebracht, außen metallisch zu überziehen und die Drähte sowie die Überzüge unter einander entsprechend zu verbinden, und aus ihnen, wie aus einem einzigen Kruge Funken zu ziehen.

Als ihm kurze Zeit darauf von Bevis mitgetheilt wurde, dass dieser aus einer Glasscheibe (Fensterscheibe), die er zu beiden Seiten bis einen Zoll vom Rande metallisch überzogen hatte, und die später nach Franklin allgemein die Franklin'sche Tafel genannt wird, kräftige elektrische Funken erhalten habe, so überzog Watson große irdene Krüge sowohl innen als außen mit Metallblättchen.

Mit Hilfe dieser Batterie leitete er die Elektricität durch eine Anzahl in einem Kreise liegender Eisenstäbe, welche durch kleine Zwischenräume, in denen sich Löffel mit Weingeist befanden, von einander getrennt waren. Sobald der Schlag hindurchgieng, wurde der Weingeist in allen Löffeln zugleich entzündet.

Watson behauptete auch bereits, dass die Elektricität immer den kürzesten Weg, und zwar durch die besten Leiter zurückzulegen suche [33]), und zog auch während des Ladens einer Flasche Funken aus den Außenbelegungen.

Als Bevis auf den Gedanken kam, eine Flasche ganz mit Wasser zu füllen, und außen bis auf den Hals mit Zinnfolie zu

überziehen, so gab die Flasche einen viel stärkeren Schlag als zuvor, auch brauchte man sie nicht mit der Hand anzufassen, sondern sie nur mit einem in der Hand gehaltenen Drahte zu berühren, wenn man den inneren Draht mit der anderen Hand ergriffen hatte.

„Das war ein wichtiger Schritt zur Vervollkommnung der Leydnerflasche,“ sagt Poggendorf, „aber doch nur ein halber, denn damals sah weder Watson noch Bevis ein, dass es auf die Größe der inneren Berührungsfläche ankommt.“

Neben Watson ist vorzüglich Wilson zu nennen, welcher das Gesetz aufstellte, dass die Elektricität bei einer Flasche direct proportional sei der Oberfläche des leitenden (unelektrischen) Körpers und umgekehrt proportional der Dicke des Glases.

Von einer richtigen Theorie der Leydenerflasche konnte überhaupt keine Rede sein [34]), so lange man nicht ahnte, dass man es hier mit entgegengesetzten Elektricitäten zu thun habe.

Während dieser Zeit experimentierten auch die Franzosen sehr eifrig, besonders der Abt Nollet. [35]) Er ließ in Gegenwart des Königs von Frankreich den elektrischen Schlag durch eine Reihe von 180 Gardisten gehen, welche denselben alle zu gleicher Zeit empfanden. Auch versuchte er durch den Schlag kleinere Thiere zu tödten. Der erste Schlag hatte einen Sperling nur betäubt, und das Thierchen erholte sich nach einigen Minuten wieder, aber ein zweiter Schlag raubte ihm das Leben.

Nollet hatte bereits die Ansicht, dass das Wasser in der Flasche dazu diene, die Elektricität an die Innenseite des Glases zu bringen.

Auch der Leibarzt des Königs Ludwig XVI. Louis Guillaume Le Monnier beobachtete einige wichtige Thatsachen. [36]) Er entdeckte nämlich, dass eine geladene Flasche einige Zeit hindurch ihre Kraft behält, dass eine Flasche nicht geladen werden könne, wenn man sie auf eine trockene Glastafel stellt, oder sie überhaupt isoliert, daß man bei einer geladenen Flasche, welche man nach dem Laden isoliert hat, keinen Schlag bekommt, wenn man bloß den inneren Draht anfasst, dagegen einen Schlag erhält, wenn man diesen und die Außenseite der Flasche anfasst, dass endlich, wenn man den Draht einer geladenen und isolierten Flasche berührt, die Außenfläche der Flasche elektrisch wird und leichte Körper anzieht.

Versuche zur Ermittlung der Geschwindigkeit der Elektricität.

§. 11. Die Franzosen und Engländer, jene etwas früher, begannen nun Versuche, um zu ermitteln, in welche Entfernung sich die Elektricität fortleiten lasse und mit welcher Geschwindigkeit sie sich bewege. Doch wurden erstere von letzteren darin bald bedeutend überflügelt.

Le Monnier schloss eine geladene Leydenerflasche durch einen Eisendraht von 2000 Toisen Länge, der ohne isoliert zu sein, auf dem Erdboden lag, und fand, dass sich der elektrische Schlag ungeschwächt durch diesen Draht fortpflanzte. Einen sehr interessanten Versuch machte er im Tuilerien-Garten am Ufer eines Teiches, indem er das Wasser desselben zu einem Theile der Verbindungskette machte. Der Draht wurde neben dem Ufer längs des halben Umfanges dieses Teiches geführt; das eine Ende hielt eine Person mit der einen Hand, indem sie die andere in das Wasser steckte. Das zweite Drahtende hielt Le Monnier, während er mit der zweiten Hand die geladene Flasche hielt. Wurde nun der vom Inneren der Flasche ausgehende Draht an den Knopf eines in das Wasser getauchten Degens gebracht, so erhielt die Person in diesem Augenblicke einen Schlag.

Watson, angeregt durch Le Monnier's Versuche, leitete am 14. und 18. Juli 1747 den elektrischen Schlag quer über die Themse. Über dem Wasser, der Länge der Westminsterbrücke nach, wurde nämlich ein Draht befestigt, von dem das eine Ende an dem Überzuge einer geladenen Flasche befestigt war, während das andere Ende von einem Beobachter gehalten wurde, der mit der anderen Hand einen Eisenstab in den Fluss tauchte; auf der entgegengesetzten Seite des Flusses stand ein zweiter Beobachter, welcher ebenfalls einen Eisenstab in den Fluss tauchte, mit der anderen Hand aber mittelst eines Drahtes die zur Innenfläche der Flasche führende Metalleitung berühren konnte. Der Schlag wurde von beiden Beobachtern zugleich empfunden. Bei folgenden Versuchen zu Lande isolierte man die Beobachter, indem man sie auf schlechte Leiter stellte, und

führte den Draht an trockenen Stäben fort. Der Erfolg war, dass die Beobachter den Schlag stärker empfanden, als wenn der Draht auf dem Erdboden lag und die Personen ebenfalls unmittelbar auf dem Erdreiche standen.

Sehr bemerkenswert bleibt es, dass man damals schon die Erdleitung entdeckt hatte, da man bei sonst ungeänderter Anordnung den Versuch machte, die Eisenstangen statt in Wasser in das Erdreich zu stecken.

Das Resultat der im Jahre 1748 mit großem Eifer fortgesetzten Versuche war, dass der Entladungsschlag einer Flasche eine Drahtleitung von beiläufig einer halben geographischen Meile mit unmessbarer Geschwindigkeit durchlief.[37])

Verschiedene Experimente.

§. 12. Nebstdem wurden noch verschiedene Experimente gemacht, welche theils frühere Beobachtungen bestätigten, theils zu neuen Entdeckungen führten.

Watson empfand das Ausströmen der Elektricität an dem Ende eines Drahtes wie einen kühlen Windhauch. Ferner bemerkte er, dass leichte Körperchen zwischen einer elektrisierten und einer mit dem Fußboden in Verbindung stehenden Platte rasch angezogen und wieder abgestoßen wurden.

Le Monnier, der jüngere, berichtet, „dass die Elektricität den Körpern von einerlei Art nicht im Verhältnisse ihrer Massen, sondern vielmehr im Verhältnisse ihrer Oberflächen mitgetheilt werde, jedoch so, dass alle gleichen Oberflächen nicht gleiche Quantitäten von Elektricität bekommen, sondern dass diejenigen am meisten erhalten, welche sich mehr in die Länge erstrecken.“[38])

Der Abt Nollet beobachtete häufig, dass nicht isolierte Körper, wenn sie in die elektrische Atmosphäre eines andern gebracht wurden, Zeichen der Elektricität äußerten. Hierbei war aber Nollet von dem Irrthum befangen, dass die genäherten Körper dann die Elektricität von gleicher Art wie der elektrische Körper besäßen.

Derselbe Naturforscher bemerkte auch in der Nähe einer durch Reiben elektrisierten Glaskugel oder Glasröhre auf seinem

Gesichte eine Empfindung, als ob dieses in ein Spinngewebe gerathen wäre; ebenso macht er bereits auf einen gewissen Geruch aufmerksam.[39])

In Deutschland und England hatte man damals zu wiederholten Malen die Beobachtung gemacht, dass, wenn die Person, welche das Reiben der Kugel verrichtete, auf einem isolierenden Körper stand, beim Anrühren der Person Funken herausfuhren. Diese Versuche, besonders jene von den deutschen Professoren Strömer und Klingenstierna findet man in den Abhandlungen der königl. schwedischen Academie der Wissenschaften vom Jahre 1747 verzeichnet.

Noch mehr Staunen erregte in demselben Jahre ein Bericht des Benjamin Cooke von der Insel Wight an die königl. englische Societät in London, dass er an wollenen Kleidern, nachdem man sie ausgezogen hatte, Zeichen der Elektricität bemerkt habe.

Ähnliche Erscheinungen sind allerdings schon ein Jahrhundert früher beobachtet worden, aber man ahnte damals noch nicht, dass sie von der Elektricität herrühren. Bartholin meldet nämlich im Jahre 1647 in einem Werke,[40]) dass aus dem Körper des Herzogs zu Mantua Carl Gonzaga, wenn man ihn gelinde gerieben hatte, Funken herausfuhren. Simpson erzählt im Jahre 1675 in einer Abhandlung über die Gährung, dass er beim Streichen mancher Thiere, z. B. einer Katze, beim Striegeln eines Pferdes und beim Durchkämmen der Haare einer Frau, ein eigenthümliches Licht wahrgenommen habe.[41])

Benjamin Franklin.

§. 13. Während die Gelehrten in Europa die verschiedensten elektrischen Erscheinungen beobachteten, verfolgte Benjamin Franklin, geboren zu Boston in Nordamerika am 17. Jänner 1706, in Amerika meist einen selbständigen Weg. Franklin gehört unstreitig zu jenen wenigen Menschen, welche ungeachtet der ungünstigsten Verhältnisse ihren Wissensdurst zu befriedigen suchen, und deren Talent sich doch endlich Bahn bricht. Derselbe Mann, welcher in seiner Jugend zum Lichterziehen und

Seifensieden verwendet wurde, hierauf zu einem Messerschmied in die Lehre kam und endlich die Stelle eines Buchdruckergehilfen erreichte, wusste es durch eigene Studien und durch die außergewöhnliche Bildungsfähigkeit seines Geistes dahin zu bringen, dass er sich später nicht nur unter den Männern der Wissenschaft auszeichnete, sondern sich auch als Staatsmann den größten Dank seiner Mitbürger erwarb.

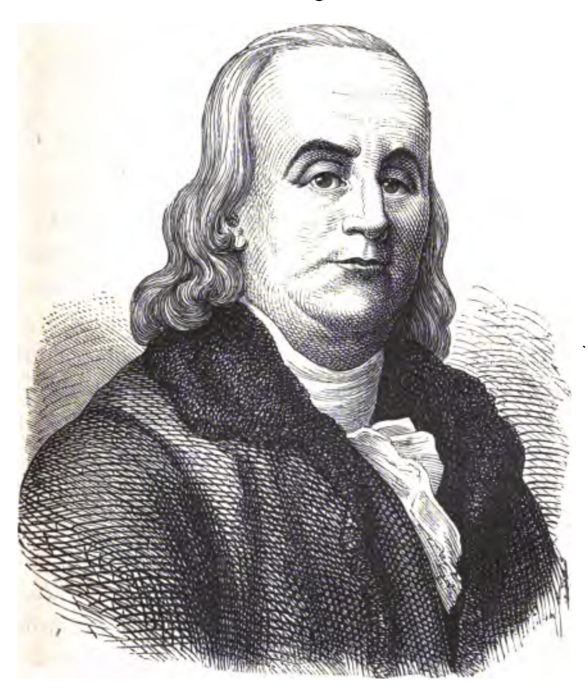


Fig. 6. Benjamin Franklin.

In der Geschichte der Elektricität erscheint er als einer der thätigsten, ausdauerndsten und glücklichsten Beobachter. Humphry Davy spricht über ihn, als Physiker, auf folgende Weise: „Alle seine Untersuchungen (über Elektricität) waren von einer ihm ganz eigenthümlichen glücklichen Induction begeleitet, und er verstand es mehr, als irgend ein anderer, mit den kleinsten Mitteln die größten Zwecke zu erreichen. Der Vortrag und die Art der Mittheilung seiner Entdeckungen ist

eben so bewundernswert, wie der Inhalt dieser Entdeckungen selbst. Er bemühte sich alles Dunkle und Geheimnisvolle zu entfernen, mit dem dieser Gegenstand bisher umgeben war. Er schrieb gleich gut für den Physiker, wie für den bloßen Liebhaber der Physik, und so oft er in das Detail seines Gegenstandes herabsteigt, ist er eben so deutlich als unterhaltend, eben so einfach, als angenehm zu lesen. In seinem Munde erscheint die Wissenschaft in einem wundervoll zierlichen Gewande, das nicht besser mehr gewählt werden kann. Nie ließ er sich von jener falschen Würde verführen, welche die Wissenschaft von allen Anwendungen im gewöhnlichen Leben fernzuhalten sucht; er bestrebte sich vielmehr immer, sie zu einer nützlichen Bewohnerin unserer Häuser, zu einer treuen Gefährtin aller Menschen jeden Standes zu machen, nicht aber, wie so viele andere thun, sie bloß als einen Gegenstand der Bewunderung in den Tempeln der Wissenschaft und in den Palästen der Großen aufzustellen."

Franklin und seine Freunde in Philadelphia glaubten eine den Europäern unbekannte Entdeckung gemacht zu haben, als sie die zwei einander entgegengesetzten Elektricitäten Du Fay's beobachteten. Watson nannte die eine Elektricität die dünnere, die andere die dichtere.

Franklin, welcher wie alle anderen Elektriker der damaligen Zeit die Elektricität für eine in allen Körpern verbreitete flüssige Materie hielt, von welcher jeder Körper ein „natürliches Quantum" besitze, war der Ansicht, dass sich eine überflüssige Menge elektrischer Materie durch verschiedene Mittel in einem Körper anhäufen lasse. Jener überflüssigen Menge elektrischer Materie gibt Franklin den Namen der positiven oder Plus-Elektricität, und einen Körper positiv elektrisieren heißt demnach, in einem Körper eine größere Menge elektrischer Materie anhäufen, als er von Natur besitzt. Wenn man hingegen auf irgend eine Art einem Körper einen Theil seiner ~a-türlichen Elektricität entzieht, so elektrisiert man nach Franl in negativ. Demnach besteht die negative oder Minus-Ele :-tricität darin, dass einem Körper etwas an dem Quant m seiner ursprünglichen Elektricität abgeht.[42])

§. 14. Franklin machte hinsichtlich der Leydenerflasche endlich die wichtige Entdeckung, dass die eine Belegung derselben p o s i t i v, die andere n e g a t i v elektrisch sei, und dass der Stoß durch die Wiederherstellung des Gleichgewichtes entstehe, wenn die äußere und innere Seite plötzlich in Verbindung gebracht werde. Nach seiner Ansicht war jedoch in der Flasche, nachdem sie geladen worden, nicht mehr Elektricität als zuvor, weil alles, was durch Laden geschehen könne, nur darin bestehe, dass man es von der einen Seite hinwegziehe und nach der anderen hinleite.

Er bemerkte auch, dass das Glas keine Elektricität hindurchlasse, und dass daher, weil das Gleichgewicht in der geladenen Flasche durch keine innere Mittheilung wiederhergestellt werden konnte, dieses durch Leiter, welche die innere und äußere Seite miteinander verbinden, geschehen müsse. [43])

Franklin machte die Entdeckung von der Verschiedenheit der elektrischen Zustände der beiden Seiten einer Leydenerflasche, indem er bemerkte, dass wenn eine Flasche geladen war, eine an einem Seidenfaden hängende Korkkugel von der äußeren Belegung angezogen wurde, wenn sie von einem mit der inneren Seite verbundenen Drahte zurückgestoßen wurde, und dass sie hingegen von der äußeren Seite zurückgestoßen wurde, wenn sie von der inneren angezogen worden. [44]) Diese Verschiedenheit zeigte sich noch deutlicher, als er den Knopf eines mit der äußeren Belegung verbundenen Drahtes bis auf wenige Zolle dem zur inneren Seite führenden Drahte näherte und dazwischen eine Korkkugel hängte, denn diese wurde nun abwechselnd angezogen, bis die Flasche entladen war. [45])

Anfangs glaubte er, dass die gesammte Elektricität in die mit dem Glase in unmittelbarer Berührung stehenden Belegungen „hinein gedrängt“ würde, fand aber bald, dass die ganze Kraft der Flasche und die Stärke des Schlages von dem Glase s 'bst komme. Er kam zu dieser Ansicht, indem er das Wasser a s einer elektrisierten Flasche in eine andere goss, wo es sich d ın zeigte, dass dadurch die zweite Flasche nicht elektrisch v rde, während doch die erste so blieb. Auf diese Weise v rde demnach die Entdeckung gemacht, „dass die nicht elek-

trischen Körper bei ihrer Berührung mit dem Glase, bloß zur Vereinigung der Kräfte der verschiedenen Seiten desselben dienten".
Franklin stellte auch eine Flaschenbatterie zusammen, welche man später Franklins Batterie, auch Cascadenbatterié genannt hat. Während bei der gewöhnlichen Leydenerflaschen-Batterie sämmtliche Außenbelegungen unter sich, und ebenso die Innenbelegungen unter sich verbunden sind, so war bei der Franklin'schen die Außenbelegung einer jeden Flasche mit der Innenbelegung der nächstfolgenden verbunden. [46])

Franklin war ferner einer der ersten, welche die Wirkung spitziger Körper „sowohl in Herbeilockung als auch Ablegung des elektrischen Feuers" wahrnahmen.

Professor Bergen zu Frankfurt an der Oder hatte sich einmal vergebens bemüht, Weingeist mittelst Elektricität mit einer unpolierten Eisenstange zu entzünden; dies gelang ihm jedoch mit einem spitzigen Degen. [47]) Nollet, Jallabert u. A. hatten bemerkt, dass ein an einem Ende spitziger und an dem anderen Ende runder Körper verschiedene Erscheinungen bei einem und demselben Körper hervorbrachte, je nachdem diesem entweder das spitzige oder runde Ende genähert wurde. Es wurde jedoch daraus nichts geschlossen. [48])

Franklin erkannte gleich anfangs die Wichtigkeit dieser Erscheinungen. Er beobachtete, dass eine elektrisierte eiserne Kugel einen genäherten Faden nicht anziehen wollte, wenn eine spitzige Nadel daran gehalten wurde. Er fand es ferner für unmöglich, die Kugel zu elektrisieren, wenn eine scharfe Nadel darauf lag. [49]) Ein Pfriem, gegen eine elektrische Kugel gerichtet, konnte, selbst in einer Entfernung von sechs oder acht Zoll von derselben, alle elektrische Kraft der Kugel zerstören.

Versuche über atmosphärische Elektricität.

§. 15. Die wichtigste Entdeckung aber, welche Frank''n auf dem Gebiete der Elektricität gemacht hat, war die A f-findung der Identität des Blitzes mit der elektrischen Kra t. Allerdings wurde, wie wir bereits gehört haben, sehr frühe c r elektrische Funke mit dem Blitze verglichen, aber erst na h

der Erfindung der Leydenerflasche, durch welche die Entladung der Elektricität viel kräftiger gemacht werden konnte, wurde jene Vergleichung recht auffallend. Franklin endlich hat Beweise für seine Ansicht mit der größten Klarheit und Vollständigkeit in seinen in den Jahren 1747 bis 1754 an Peter Collinson, Mitglied der königl. Gesellschaft in London, gerichteten Briefen vorgetragen.

Vor allem warnt Franklin die Leser, sich durch den großen Unterschied der Wirkungen irre machen zu lassen, indem sonst mit Beziehung auf die innere Beschaffenheit selbst keine Unähnlichkeit stattfände. „Es ist gar kein Wunder,“ sagt er, „wenn die Wirkungen des einen viel größer sind als die Wirkungen des anderen, denn wenn zwei elektrisierte Flintenläufe auf zwei Zoll weit einen Eindruck verursachen und einen lauten Knall hervorbringen, wie unendlich viel weiter müssen nicht hunderttausend Morgen elektrischer Wolken treffen und ihr Feuer von sich geben, und wie laut muss nicht der Knall davon sein.“ [50])

Die hauptsächlichsten seiner Gründe, für die Identität des Blitzes und der elektrischen Kraft sind im wesentlichen folgende:

1. Längere elektrische Funken beschreiben wie der Blitz eine Zickzacklinie.

2. Alle spitzigen Leiter ziehen die Elektricität schon in größerer Entfernung an sich; ebenso treffen die Blitze die höchsten und spitzigsten Gegenstände, Bäume, Thürme, Masten u. s. w.

3. Der Blitz folgt wie die Elektricität dem besten Leiter auf seinem Wege zur Erde.

4. Der Blitz entzündet so wie die Elektricität brennbare Stoffe.

5. Der Blitz und die Elektricität sind imstande Metalle zu schmelzen.

6. Schlecht leitende Körper werden nicht selten vom Blitze durchbohrt oder zerschmettert. Ein Gleiches bewirkt die Elektricität; Franklin bemerkte, dass ein elektrischer Funke ein Buch Papier durchbohrte.

7. Der Blitz tödtet Menschen und Thiere. Durch den elektrischen Schlag können ebenfalls kleinere Thiere getödtet werden.

8. Magnete verlieren bisweilen durch den Blitz ihre Kraft, oder ihre Pole werden umgekehrt. Ferner wurden häufig Geräthe von Stahl und Eisen durch den Blitz magnetisch. Ähnliche Wirkungen bringt auch der Entladungsschlag einer elektrischen Batterie hervor.

§. 16. So überzeugend diese Gründe Franklins für die Identität des Blitzes und der elektrischen Kraft sprachen, so handelte es sich doch, um jeden Zweifel zu beseitigen, jetzt um keine geringere Aufgabe, als die Elektricität einer Gewitterwolke unmittelbar zur Erde zu leiten und zu untersuchen. Wenn nach dem Ausspruche des Horaz die Brust desjenigen, welcher zuerst sein Leben den Wellen des Meeres anvertraute, mit einem dreifachen Erz umgeben sein musste, so war gewiss derjenige noch kühner, welcher die atmosphärische Elektricität in einen Leiter zu zwingen, den Blitz somit willkürlich vom Himmel herabzuziehen und mit demselben zu experimentieren wagte.

Schon im Jahre 1750 schlug Franklin zu diesem Behufe folgenden Versuch vor. Man errichte auf dem oberen Theile eines Thurmes eine Art von Schilderhäuschen, in welchem ein Mensch mit einem „elektrischen Sessel" (Isolierschemel) Platz hat. Von dem mittleren Theile des Sessels soll ein eiserner Stab ausgehen, welcher sich 20—30 Fuß über dem Häuschen senkrecht erheben und in eine sehr scharfe Spitze endigen muss. Auf diese Weise kann ein auf dem Sessel stehender Mensch, wenn die Gewitterwolken tief gehen, elektrisiert werden und Funken von sich geben. Sollte (!) Gefahr dabei sein, so stelle man sich auf den Boden des Häuschens und bringe von Zeit zu Zeit einen ableitenden Messingdraht, den man mit einem Griff aus Siegellack versehen, mit der eisernen Stange in Berührung. Dann werden Funken aus dieser in den Draht überspringen, ohne den Menschen zu berühren.

Franklin erwartete nun mit Ungeduld, um derartige Versuche anstellen zu können, die Vollendung eines Glockenthurm[s], welcher damals in Philadelphia aufgeführt werden sollte.

§. 17. Inzwischen versuchte der Franzose d'Alibar[d], angeregt durch Franklins Schriften, im Monate Mai 1752 d[...]

Vorschlag des amerikanischen Gelehrten auszuführen.[51]) Er that dies zu Marly, einem sechs Meilen von Paris entfernten Städtchen, mittelst einer vierzig Fuß langen eisernen Stange. Seine Vorrichtung, sagt Priestley, war die erste, welche die Ehre hatte, von dem himmlischen Feuer einen Besuch zu bekommen.

Er erhielt kräftige knallende Funken aus der Stange, sobald er seinen Auslader, welcher aus einem um den langen Hals einer Glasflasche gelegten Messingdraht bestand, der Stange näherte. Ferner machte d'Alibard die Beobachtung, dass zur Zeit der Gewitter bei eingetretener Dunkelheit die Spitze der Eisenstange zu leuchten begann.

Das St. Elmsfeuer[52]) wurde allerdings schon in den ältesten Zeiten beobachtet, aber man hatte selbstverständlich von der Ursache desselben nicht die geringste Ahnung. Die Alten benannten diese Erscheinung, wenn zwei Flammen sichtbar wurden, nach den Dioskuren Castor und Pollux und betrachteten dies Zeichen als glückbringend, hingegen sahen sie in einer einzigen Flamme die unheilbringende Schwester der Dioskuren Helena.

Schon Plinius erzählt[53]), dass in einzelnen Fällen „Sterne" auf Mastbäumen, Segelstangen, sogar auf den Spießen der Soldaten gesehen wurden, und er bemerkt, der Grund von allem diesem sei ungewiss und in der Hoheit der Natur verborgen.

Seneca berichtet, ein Stern habe sich auf die Lanze des Gylippus gesetzt, als dieser nach Syrakus segelte.[54])

Julius Cäsar erwähnt in seinem Buche vom afrikanischen Kriege, dass einmal während eines heftigen Ungewitters zur Nachtzeit die Spitzen der Lanzen von der fünften Legion von selbst leuchteten.[55]) Ähnliche Erscheinungen erwähnt Livius.[56])

Sehr bemerkenswert ist bereits im Jahre 1696 die Ansicht des Ritters von Forbin in seinen Memoiren, dass diese Flammen einigermaßen Sicherheitszeichen gegen „den Donner" wären, denn sie könnten nicht entstehen, wenn nicht die elektrische Materie eine freie Fahrt dahin, von oder zu der Erde hätte.

Prof. Bose in Wittenberg suchte diese Erscheinung künstlich darzustellen und ersann ein elektrisches Experiment, welches

er „Beatification“ nannte. Er stellte nämlich eine Person mit einem Helme, der mit metallenen Spitzen versehen war, auf einen Isolierschemel und elektrisierte dieselbe; im Dunkeln zeigten sich am Helme leuchtende Strahlen, die mit denjenigen einige Ähnlichkeit haben, welche man um den Kopf der Heiligen zu malen pflegt. Abt Poncelet bewirkte eine solche Erscheinung an einem Manne mit kurzen Haaren, die sich beim Elektrisieren in die Höhe richteten und an den Enden leuchteten.[57])

D'Alibards Experimente wurden nun in Frankreich von De Lor auf Befehl des Königs, von Le Monnier und anderen nachgeahmt. Einen Monat später, nämlich im Juni des Jahres 1752, stellte Franklin seinen berühmten Versuch an. Es ist einleuchtend, dass er so früh von den Arbeiten der Franzosen keine Nachricht haben konnte.

§. 18. Franklin hatte seinen Plan mit den langen Eisenstangen aufgegeben und nahm zu einem anderen Mittel seine Zuflucht, welches noch zuverlässigere Resultate geben musste. Da es ja nur darauf ankam, einen Körper hoch in die Luft zu bringen, so verfiel Franklin auf einen Kinderdrachen. Er verfertigte nun zu seinem Zwecke einen solchen, aber nicht von Papier, sondern von Seide, damit er dem Regen widerstehen konnte, und befestigte am oberen Ende des mittleren Stabes eine Metallspitze. Die Hanfschnur, an welcher der Drache steigen sollte, trug am unteren Ende einen Stahlschlüssel, derjenige Theil der Schnur aber, den Franklin in der Hand hielt, war von Seide. Mit dieser Vorrichtung begab sich Franklin zur Zeit eines aufsteigenden Gewitters, nur von seinem Sohne begleitet, um sich im Falle des Misslingens nicht dem Hohngelächter unwissender Spötter auszusetzen, auf eine Wiese bei Philadelphia und ließ den Drachen steigen.

Anfangs zeigte sich keine Wirkung, obwohl der Drache hoch stand und die Gewitterwolken ziemlich dicht über ihm hinzogen, und schon begann Franklin an dem Erfolge seines Versuches zu verzweifeln, als er bemerkte, dass einige lose Fäden der hänfenen Schnur sich emporsträubten, als befände sich diese an dem Conductor einer Elektrisiermaschine. Durch

diese hoffnungsvolle Erscheinung ermuthigt, näherte er ein Fingergelenk dem Stahlschlüssel und erhielt zu seiner Freude einen deutlichen Funken, dem bald andere folgten. Inzwischen war die Schnur durch einen Regen nass geworden und infolge dessen gelangen die Versuche um so besser. Er war nun imstande eine Leydener Flasche zu laden, Weingeist zu entzünden u. dgl.

Hierauf errichtete Franklin auf seinem Hause eine isolierte eiserne Stange, um in seiner Wohnung Versuche über atmosphärische Elektricität anstellen zu können. Er befestigte am Ende der Stange zwei Glöckchen nach Art des elektrischen Glockenspieles, welche zu läuten begannen, wenn die Stange mit Elektricität geladen war.[58])

Durch fortgesetzte Versuche überzeugte sich Franklin, dass manche Wolken positiv, andere negativ elektrisch wären.

§. 19. Zu gleicher Zeit verfiel der Franzose de Romas auf denselben Gedanken und soll ihn sogar noch vor Franklin ausgeführt haben. Seine Vorrichtung war bequemer; die Hanfschnur war mit einem Metalldrahte durchflochten und war um eine Art von Trommel aufgewickelt, welche sich an einem kleinen Wagen befand, den man sehr leicht überall hinschaffen konnte. Am Ende der Hanfschnur hieng eine blecherne, als Conductor dienende Röhre. Um den Funken nicht mit dem Finger hervorlocken zu müssen, gebrauchte er einen Metallleiter, welcher durch eine Eisenkette mit der Erde in Verbindung stand und an einem isolierten Handgriffe gehalten werden konnte.[59]) Auch er gebrauchte unten eine Seidenschnur, aber auch ein Wetterdach, um die Vorrichtung vor Regen zu schützen. Sein Drache stieg 550 Fuß hoch und de Romas erhielt binnen einer Stunde dreißig Feuerstrahlen, deren jeder eine Länge von 100—120 Zoll und eine Dicke von einem Zolle hatte, und welche alle von einem Knalle begleitet waren, der einem Pistolenschusse glich.

Durch solche glänzende Erfolge wurden zugleich alle irrigen Meinungen über die Natur des Blitzes beseitigt, unter denen wir die in den ältesten Zeiten allgemein verbreitete Ansicht hervorheben wollen, dass der Blitz eine Entzündung brennbarer

Dünste in der Luft sei. Nach Erfindung des Schießpulvers behaupteten viele, dass salpetriges Salz und Schwefel in der Gewitterluft enthalten sein müsse.

Von den Physikern, welche sich hierauf mit ähnlichen Versuchen beschäftigten, sind vorzüglich zu nennen: Canton in England, Mazeas in Frankreich, Beccaria in Italien und Richmann in Petersburg.

John Canton, Schullehrer in London, machte bereits im Jahre 1752, der erste in England, diese Versuche. Im folgenden Jahre entdeckte er, fast zu gleicher Zeit mit Franklin, dass die Wolken in verschiedenen elektrischen Zuständen sich befinden. Er ist auch der Erfinder des Elektrometers aus Hollundermarkkügelchen und des Amalgams aus Zinn und Quecksilber, um die Wirkung des Reibers zu verstärken. Zudem fand er im Jahre 1754, dass die Qualität der elektrischen Erregung durch Reiben, sowohl von der reibenden als auch von der geriebenen Substanz abhängig ist. [60])

Wilhelm Mazeas, Domherr zu Vannes in Frankreich, wendete bei seinen Versuchen mit einer hohen und spitzen Eisenstange noch ein sogenanntes elektrisches Magazin an, welches aus mehreren isolierten Eisenstangen bestand, die mit ener in Verbindung waren.

Johann Baptist Beccaria, Professor der Physik an der Universität in Turin [61]), experimentierte sehr eifrig sowohl mit Drachen als mit hohen Stangen an verschiedenen Orten. Von seinen Beobachtungen wollen wir erwähnen, dass die Elektricität seiner Geräthschaft sich plötzlich änderte, wenn ein starker Blitz erfolgte, dagegen die Veränderung nur allmählich eintrat, wenn die Gewitterwolke langsam vorüberzog.

Beachtenswert ist seine Bemerkung, dass der Blitz keineswegs in einem unzertheilten Wege herabfährt, sondern Körper von mancherlei Art, nach dem Verhältnisse ihrer ableitenden Kraft und ihrer Quantität ihren Antheil davon leiten. [62]) Er erklärt auch das Rollen des Donners und zwar dadurch, das ein am Ende einer langen Blitzbahn befindlicher Beobachte wegen der ungleichen Entfernungen der verschiedenen Theil derselben die in allen Punkten entstehenden Vibrationen de

Luft nicht zu gleicher Zeit vernehmen kann.[63]) Er und andere kannten bereits die Thatsache, dass Personen durch Gewitter getödtet werden können, ohne vom Blitze wirklich getroffen zu werden, aber seine Ansicht darüber war eine höchst originelle, er meint, dass durch den Blitz plötzlich eine Luftleere neben den Personen entstehe, und deshalb die in ihren Lungen befindliche Luft mit Gewalt herausfährt, und zwar mit solcher Heftigkeit, dass sie gar nicht wieder zu Athem kommen können.

Richmann, Professor der Naturgeschichte in Petersburg, wurde am 6. August 1753 ein Opfer solcher Experimente, die er ebenfalls sehr eifrig, aber ohne die nöthigen Vorsichtsmaßregeln ausgeführt hatte. Von dem Dache des Hauses gieng eine Drahtleitung bis zu einer in seinem Beobachtungszimmer angebrachten eisernen Stange, an welcher ein Elektricitätszeiger angebracht war, der aus einem Faden (oder Draht) bestand, der, wenn die Stange nicht elektrisch war, herabhieng, sonst aber nach Maßgabe der elektrischen Ladung sich von derselben um einen mehr oder weniger großen Winkel entfernte. Um diesen Winkel zu messen, hatte er an dem untersten Theile der Stange einen Quadranten angebracht.[64])

Als er nun an dem genannten Tage im Beisein des Malers Sokolow, den er gewöhnlich zu seinen Experimenten hinzuzog, unvorsichtiger Weise der Stange zu nahe kam, sah Sokolow plötzlich eine weißblaue Feuerkugel aus der Stange an Richmanns Stirne springen, durch welche dieser sogleich, ohne einen Laut von sich zu geben, leblos niedergestreckt wurde. Auch Sokolow stürzte betäubt zu Boden, erholte sich jedoch bald wieder. Bei Richmann aber blieben alle Wiederbelebungsversuche vergeblich.

In einigen Schriften wurde der Tod Richmanns als eine Strafe des Himmels für seine Verwegenheit dargestellt. Dagegen erhoben nun andere ihre Stimme, indem sie geltend machten, dass selbst Kirchen, ja gerade diese nicht selten, vom Blitze getroffen würden. Schon Lucretius wundert sich darüber.[65]) Die Petersburger Academie schickte eine genaue Beschreibung des Unfalles an die Herausgeber der Philosoph. transactions in London für das Jahr 1753, in welcher sie Richmanns Schicksal

mit dem des Orpheus, Aeskulap und Zoroaster verglich, die alle drei gleichfalls durch das Feuer des Himmels von der Erde genommen worden wären. Dieser Unglücksfall hatte zur Folge, dass man bei ferneren Versuchen mit mehr Vorsicht zu Werke gieng.

Man fieng auch an, die atmosphärische Luft nicht bloß zur Zeit eines Gewitters, sondern auch zu anderen Zeiten, selbst bei völlig heiterem Himmel mit Rücksicht auf Elektricität zu untersuchen.

Le Monnier fand zuerst durch zahlreiche Versuche zu St. Germain en Laye, dass die Luft immer mehr oder weniger Elektricität enthalte.[66]) Noch genauere Versuche über die Luftelektricität stellte der Abt Mazeas im Jahre 1753 auf dem Schlosse zu Maintenon an, endlich die umfassendsten Beccaria. Dieser beobachtete bereits, dass die Elektricität der Luft von unten nach oben zunehme.[67])

Man bemerkte allgemein, dass die aus der Luft erhaltenen elektrischen Funken sehr stechend seien, selbst wenn sie nur einen Zoll lang sind, und dass der Stoß, den sie geben, mehr dem von einer Leydenerflasche, als dem von einem Conductor herrührenden gleiche.

Erfindung der Blitzableiter.

§. 20. Der Umstand, dass der Blitz sich nach denselben Gesetzen richtet, welche dem gemeinen elektrischen Funken den Weg vorschreiben, brachte Franklin auf den Gedanken, Gebäude vor den Wirkungen des Blitzes zu bewahren, unter denen manche bei den Alten die größte Verwunderung erregten. Aristoteles[68]) führt an, der Kupferüberzug eines Schildes sei durch den Blitz geschmolzen, die darunter liegende Holzplatte aber unverletzt geblieben. Seneca erzählt[69]), dass durch einen Blitz Silbermünzen in unverletzten Fächern eines Kastens geschmolzen, ein Schwert in der Scheide zusammengeflossen sei. Nach Plinius[70]) ist Gold und Silber in Beuteln geschmolzen worden, ohne dass diese und die daran befestigten Wachssiegel verletzt wurden. Plutarch[71]) endlich erwähnt, der Blitz

habe Kupfermünzen in dem Gürtel eines Schlafenden zu einer Masse geschmolzen, ohne die Kleider desselben zu versengen.

Aus dieser Kenntnis einiger Wirkungen des Blitzes bei den Alten glaubten mehrere Schriftsteller die Folgerung ziehen zu dürfen, die Griechen und Römer hätten auch eine empirische Kenntnis der Schutzkraft gehabt, welche metallene Leiter gegen Blitzschläge gewähren.[72]) Dagegen kommt in dem Werke des Ktesias, Leibarztes des persischen Königs Artaxerxes Mnemon, etwa 400 v. Ch. eine Stelle vor, worin gesagt wird, dass die Inder Eisenstangen in den Boden steckten, um Wolken, Hagel und Blitzstrahlen abzuleiten.[73]) In neuerer Zeit hat auch der Franzose Paravay nachzuweisen gesucht, dass die Chinesen schon von altersher zugespitzte Bambusrohre in den Boden gesteckt hätten, um Gewitter abzuwehren, und er setzt diese Angabe in Verbindung mit den Spitzen, mit welchen das Dach des salomonischen Tempels besetzt gewesen sein soll, in denen er gleichfalls Blitzableiter zu erkennen glaubte.[74]) Mehrere Ägyptologen behaupten, dass die ägyptischen Priester die Blitzableiter gekannt hätten. An mehreren ägyptischen Tempeln wurden Inschriften[75]) aufgefunden, nach welchen die hohen, an den Thorpfeilern befindlichen, die Zinnen überragenden Stangen mit Kupfer beschlagen und an der oberen Spitze vergoldet gewesen seien, „um das aus der Höhe kommende Ungewitter zu brechen.“[76]) Die Schmelzungen von erdigen Massen, die sogenannten Blitzröhren wurden erst spät beobachtet. Der Pastor Hermann zu Massel in Schlesien fand 1706 eine solche Röhre und hat zuerst auf dieselben aufmerksam gemacht, ohne jedoch ihre wahre Bildungsweise zu erkennen.

Die auffallendsten mechanischen Wirkungen des Blitzes am Mauerwerk erklärt Franklin durch den mit großer Spannkraft versehenen Dampf, welcher bei der Erhitzung von dem, in Steinen zufällig eingeschlossenen Wasser gebildet wird. Auch die Zerschlitzung der Bäume erklärt er durch plötzliche Verdampfung des Saftes im Holze und Aufreißen desselben in der Richtung der Längsfasern.

Eine magnetische Wirkung des Blitzes wurde im Jahre 1676 zuerst beobachtet.[77]) Nach einem Blitzschlage, welcher ein Schiff

getroffen, zeigte das bezeichnete Ende des Compasses nicht mehr nach Norden, sondern nach Süden. Ein Blitz, welcher im Jahre 1731 in einen Kasten, in den sich stählerne Messer und Gabeln befanden, einschlug, machte diese so stark magnetisch, dass sie kleine Nägel anzogen. [78])

Um den Verheerungen des Blitzes Einhalt zu thun, machte Franklin bereits 1749 einen Vorschlag, welcher jedoch über das Erreichbare hinausgieng; er wollte nämlich den Ausbruch des Blitzes verhindern und das Gewitter über dem geschützten Orte zerstören! Zu diesem Behufe rieth er [79]), auf Gebäuden und Schiffen scharf zugespitzte Eisenstangen zu befestigen, die Spitzen durch Vergoldung vor Rost zu bewahren und durch einen Draht mit der Erde oder dem Wasser zu verbinden. Diese Spitzen sollten den Wolken die Elektricität entziehen, sowie eine nicht isolierte Spitze einen elektrisierten Conductor in dessen Nähe sie sich befindet, des größten Theiles der Elektricität beraubt. Dieser Vorschlag wurde nicht berücksichtigt, doch er erneute ihn 1753, indem er schrieb: „Hinreichend dicke, von dem höchsten Theile eines Gebäudes zu dem Erdboden geführte Metallstangen werden, wie ich glaube, das Gebäude vor Schaden schützen, indem sie entweder das elektrische Gleichgewicht (zwischen Erde und Wolke) so schnell herstellen, dass sie den Blitz verhüten, oder indem sie diesen in der Substanz der Metallstange so weit leiten, als die Stange reicht, so dass die Explosion nur zwischen der Wolke und der Spitze der Stange stattfindet.“ [80]) Der erste Blitzableiter nach Franklins Angabe wurde im Jahre 1760 in Philadelphia auf dem Hause des Kaufmannes West aufgerichtet. Bald wurden nun in Philadelphia viele Häuser mit den empfohlenen Metallstangen versehen, und es ereignete sich, dass ein Blitz, der eine solche Stange traf, zwar den zur Erde führenden Draht schmolz, aber das Gebäude selbst nicht beschädigte. Dies brachte die Blitzableiter zu Ansehen.

Im Staate Carolina, welcher von Gewittern ungemein vi zu leiden hat, fanden die Blitzableiter schon 1760 eine solch allgemeine Anwendung, dass fast kein Haus ohne dieselben z finden war. Der Erfinder der Blitzableiter konnte, nachdem e

viele Jahre später zur Behauptung der Unabhängigkeit seines Vaterlandes auf das Thätigste mitgewirkt hatte, von seinen Freunden mit dem Verse geehrt werden:[81])

„Göttern entriss er den Blitz, und den Tyrannen das Scepter.“ Er starb den 17. April 1790. Seine Leiche wurde unter Kanonendonner und Glockengeläute auf dem Friedhofe der Christuskirche in Philadelphia begraben. Es war Landestrauer für einen Monat und die Pariser Nationalversammlung legte auf Mirabeau's Antrag dreitägige Trauer an. Er hatte ein Alter von 84 Jahren erreicht. Über diesen ausgezeichneten Mann schreibt Whewell:[82]) „Mit ruhiger Klarheit durchschaute sein scharfsinniger Geist die Verhältnisse des Lebens im Großen, wie im Kleinen; nie glitt er mit Bewusstsein von der Bahn der Wahrheit ab, und sein edles Herz umfasste das Wohl der ganzen Menschheit. Ohne in die Irrgänge einer unfruchtbaren Grübelei einzugehen, hatte er sich selbst ein System von Lebensweisheit gebildet, das sicherer als alle Schultheorien leitet. Eine ausgezeichnete Kraft und Kunst besaß er in der Entwicklung der Lehren der Moral und in ihrer Anwendung auf das Leben.“

Eine Sammlung sämmtlicher Werke Franklins erschien zu London 1806 in 3 Bänden.

§. 21. Bereits 1753 hatte Winkler, Professor in Leipzig die Blitzableiter für Deutschland dringend empfohlen.[83]) Er machte die ersten Vorschläge, man möge die Häuser durch Metallstangen schützen und solche durch Ketten mit dem Erdreiche in Verbindung bringen.

Die ersten Blitzableiter in Europa wurden aufgeführt: 1754 in Mähren durch Prokop Diwisch, 1762 zu Payneshill in England von Watson, 1769 am Jakobsthurme zu Hamburg, 1776 in Baiern auf dem Landhause des geheimen Rathes von Osterwald, 1777 auf der Kathedrale zu Siena im Toskanischen.

Wir betrachten es als eine heilige Pflicht, an dieser Stelle eines Mannes eingehender zu gedenken, der die Erfindung des Blitzableiters in Europa gleichzeitig mit Franklin oder wahrscheinlich noch früher gemacht hat, der aber nach vieljährigen Studien und unermüdlichem Forschen in seinem Vaterlande mit seinen Vorschlägen nicht durchzudringen vermochte,

der, während es dem amerikanischen Gelehrten gelang, sich die Anerkennung seiner Zeitgenossen zu erringen und die dankbare Erinnerung der Nachwelt zu sichern, beinahe der Vergessenheit anheimgefallen ist. Es ist dies Procopius Diwisch, (geboren zu Senftenberg in Böhmen 1. Aug. 1696.), Prämonstratenser Chorherr und Pfarrer zu Prenditz bei Znaim in Mähren. Dieser gelehrte Priester beschäftigte sich in freien Stunden seit 1728 mit physikalischen Studien und Experimenten überhaupt, und seit 1740, in welchem Jahre er sein Pfarramt antrat, speciell mit der Erforschung der Elektricität. Bei solchen Experimenten hatte er sich überzeugt, dass Metallspitzen, welche dem Conductor einer im Gange befindlichen Elektrisiermaschine genähert werden, die Elektricität aufsaugen. Da ihm die Ähnlichkeit des elektrischen Funkens mit dem Blitze unzweifelhaft erschien, so kam er auf den Gedanken, dieses Experiment auch den Gewitterwolken gegenüber durchzuführen. Er befestigte auf einem hohen Gerüste eine etwa 4 Centimeter dicke, in eine Spitze endigende Eisenstange, welche in der Mitte mit vier eisernen Seitenarmen versehen war, deren jeder wieder zwei Seitenarme trug. Die so entstandenen zwölf Enden trugen auf etwa drei Decimeter hohen Stäben blecherne, mit Eisenfeile gefüllte und an ihrem Deckel mit Spitzen versehene Kästchen. Die Eisenstange selbst wurde durch Ketten mit der Erde verbunden. Die unterhalb der Spitze befindlichen drei Blechflügel waren nebensächlich. Sie konnten vom Winde bewegt werden und dienten, wie Diwisch in seiner Abhandlung sagt, zur Verscheuchung der Vögel. Diesen Blitzableiter errichtete er am 15. Juni 175 in der Nähe seiner Pfarrwohnung. Eine Würdigung seine

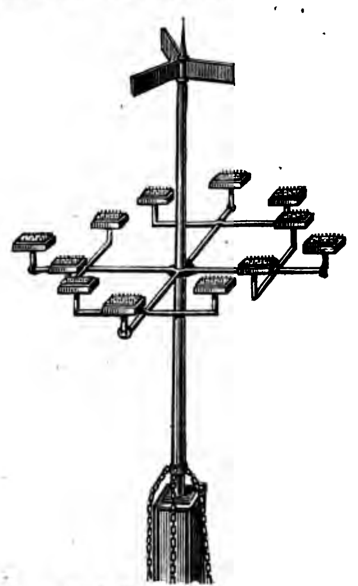


Fig. 7. Diwisch' Blitzableiter.

Strebens fand der aufgeklärte Mann von keiner Seite. Die Berliner Akademie der Wissenschaften, welcher er schriftlich seine Ideen mittheilte, würdigte ihn keiner Antwort, und die Wiener Gelehrten versprachen sich von dem ganzen Geräthe keinen Nutzen. Als Diwisch 1755 dem Kaiser Franz den Vorschlag machte, Wetterleiter zu errichten und der Monarch die Wiener Mathematiker in der Sache um ihre Ansicht befragte, sprachen sich diese dagegen aus und Abt Marci schrieb an Diwisch: „Blasphemant quae ignorant.“ Als endlich im zweiten Jahre nach Aufstellung seines Blitzableiters eine große Trockenheit in Prenditz herrschte und die Bauern, in dem Wahne, dies habe der Apparat verschuldet, denselben zerstörten, da gab endlich Diwisch jede Hoffnung auf, mit seinen Ideen durchzudringen. Durch den Druck veröffentlichte Diwisch folgende Schrift: „Die längst verlangte Theorie von der meteorologischen Elektricität“ (Tübingen 1765, 2. Aufl. 1768.) Ein großes Werk über die Elektricität ist Handschrift. (Siehe biographisches Lexikon von Wurzbach.) Er starb am 21. Dec. 1765.

Karl Bornemann schreibt[84]) bezüglich dieses Gelehrten: „Man sollte einen Mann nicht vergessen, der sein ganzes Leben dem großartigen Gedanken weihte, die Schrecknisse des Gewitters zu mindern und die zerstörende Kraft des Blitzstrahles aufzuheben. Möchten zuvörderst die deutschen und österreichischen Fachmänner die Bestrebungen des vergessenen mährischen Gelehrten würdigen! Dann erst können wir erwarten, dass andere Nationen die Verdienste des bescheidenen Prämonstratensers Procop Diwisch neidlos anerkennen.“

W a t s o n, welcher 1762 die Art angab, wie die Blitzableiter an Schiffen anzubringen seien[85]) und der den Rath gab, das Pulvermagazin in Purfleet mit denselben zu versehen, schlägt folgenden Versuch vor, um den Beweis zu liefern, dass jene den Blitz wirklich entladen. Man unterbreche die metallische Leitung auf einen oder zwei Zoll an einem zur Beobachtung passenden Orte, alsdann werde man die elektrischen Funken an der durchbrochenen Leitung überspringen sehen.

Franklins Blitzableiter fanden anfangs zahlreiche Gegner. N o l l e t sprach sich entschieden gegen dieselben aus.[86]) Er hielt

sie nicht nur für nutzlos, sondern sogar für gefährlich, indem sie den Blitz heranzögen, statt vor ihm zu schützen, und rieth, es blitzen und donnern zu lassen, wie man es regnen lasse.[87]) Auch Wilson[88]) war gegen die aufgerichteten Stangen, indem er meinte, es wäre gar nicht nothwendig, den Blitz noch dazu einzuladen, zu uns herabzukommen. Er gab dafür den Rath, an der Außenseite des Hauses alle Metalltheile zu vermeiden und innen unter dem Dache etwa einen oder zwei Fuß vom Giebel, abgerundete Metallstangen anzubringen und leitend mit der Erde zu verbinden. Um seine Ansicht zur Geltung zu bringen, stellte er im November 1777 in Gegenwart des Königs Georg III. von England im Pantheon zu London folgenden sehr sonderbaren Versuch an.[89]) Ein kolossaler, 155 Fuß langer und 16 Zoll breiter mit Zinnfolie überzogener Cylinder wurde an Seidenschnüren aufgehängt und sollte, indem er durch eine Elektrisiermaschine geladen wurde, eine Gewitterwolke vorstellen. Unter diesem aufgehängten Conductor befand sich ein Geleise, auf welchem das Modell eines Hauses, welches einen entweder mit einer Spitze oder mit einer Kugel versehenen Metallstift trug, fortbewegt werden konnte. Bei Anwendung der Spitze und einer schwachen Ladung des Conductors wurde dieser ohne Funken zum Theil entladen, bei starker Ladung aber mit einem Funken, der durch eine Luftstrecke von 5 Zollen auf die Spitze schlug. Bei Anwendung der Kugel entstand in keinem Falle ein Funke und der Conductor behielt den größten Theil der Elektricität. Bei Verkürzung des Stiftes auf dem Hause behielt der Conductor seine volle Ladung, obgleich das Haus unter ihm fortbewegt wurde.

Beccaria, welcher die oben abgerundeten Blitzableiter verwarf, gibt den Rath, bei einem Gebäude von einigem Umfang mehrere Leiter von der gewöhnlichen Form, nämlich zugespitzte und über dem Gebäude emporragende anzubringen.[90])

Gegen Wilsons Ansicht traten auch auf Watson, Cavendish, Mahon, Nairne, Henley und Priestley. Ingenhousz[91]) suchte durch Aufzählung von Fällen zu beweisen, dass Gebäude mit spitzigen Ableitern weniger Blitzschläge erfuhren.

Nun wurde aber den spitzigen Ableitern ein anderer gegründeterer Vorwurf gemacht, nämlich, dass sie nur einen kleinen Umkreis um sich her beschützten, weil man bemerkt hatte, dass der Blitz in verschiedenen Fällen in geringer Entfernung von der Auffangstange eine scharfe Ecke oder Kante eines Hauses traf, an welcher sich ein Metallstück befand. Dies veranlasste die Aufstellung mehrerer Stangen auf größeren Gebäuden, wie schon Beccaria vorgeschlagen. Sehr verdient machte sich um die Einrichtung der Blitzableiter Reimarus.[92])

Erklärung verschiedener Naturerscheinungen durch Elektricität.

§. 22. Seit der Entdeckung der Luftelektricität suchte man auch verschiedene andere ungewöhnliche Naturerscheinungen auf jene zurückzuführen. Dahin gehört vor allem das Nordlicht. Da die ganze Erscheinung mit dem Lichtschein ausströmender Elektricität im Dunkeln die größte Ähnlichkeit hat, so hielt Canton das Nordlicht für eine elektrische Ausströmung von positiven Wolken nach weit entfernten negativen hin, durch den oberen Theil der Atmosphäre, wo der geringste Widerstand ist.[93]) Beccaria führt auch als Beweis für die elektrische Natur des Nordlichtes an, dass es die Magnetnadel afficiert.[94])

Derselbe bemühte sich ferner, den elektrischen Ursprung der Tromben darzuthun,[95]) indem er behauptete, dass sie gewöhnlich bei einer gewitterhaften Luft entstünden, bisweilen aus den Wasserhosen Blitze hervorkämen, dass Wasserhosen durch Errichtung spitziger Leiter zerstört würden[96]), und dass man sie durch künstliche Elektricität nachahmen könne. Zu letzterem Behufe brachte er einen Wassertropfen an einen mit dem Conductor in Verbindung stehenden Draht und stellte ein Gefäß mit Wasser darunter. Bei diesen Umständen nahm der Tropfen alle verschiedenen Erscheinungen einer Wassersäule an. (?) Wilke[97]) erklärte bald darauf die Trombe für einen elektrischen Büschel, der zwischen einer Wolke und der Erde entsteht. Brisson[98]) und andere suchten ebenfalls die Trombe nachzuahmen. Er befestigte eine Metallplatte in horizontaler Lage an

dem Conductor einer Elektrisiermaschine, und etwa zwei Zoll tiefer eine ähnliche, jedoch mit der Erde verbundene Metallplatte. Eine Metallkugel der oberen Platte zog Wasser, das sich auf der unteren Platte befand, in Kegelform in die Höhe. Auch die wirbelnde Bewegung, in welche Tromben aufgezogene Gegenstände versetzen, suchte er nachzuahmen, indem auf die untere Platte gestreute Kleie zu einer Säule aufgezogen und dann in einem Wirbel zerstreut wurde.

Sonderbar bleibt es, dass gerade der Entdecker der Luftelektricität die Entstehung der Tromben aërostatisch zu erklären suchte durch Aufsteigen von warmer Luft an einer Stelle und ein dadurch gebildetes Vacuum.

Die großartigen elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre veranlassten bereits im Jahre 1749 die Ansicht, dass auch eine hohe Spannung der Elektricität oder Erschütterungsschläge infolge einer Anhäufung von Elektricität in der Erdrinde als Ursache der Erdbeben angesehen werden müssen.[99])

Pyroelektricität.

§. 23. Wenden wir uns nun zur historischen Entwicklung eines anderen Theiles der Elektricitätslehre, zur Pyroelektricität. Wir finden bereits bei Plinius[100]) eine Stelle, wo von einem harten violetten oder hochrothen Steine erzählt wird, dass er, an der Sonne erwärmt, Strohhalme und Blattfasern anziehe. Diese Stelle dürfte man auf den Turmalin beziehen.

Am Schlusse des 17. Jahrhundertes brachten die Holländer von der Insel Ceylon einen Stein mit, welcher von den Eingebornen Turnamal oder Turmale genannt und von ihnen sehr geschätzt wurde. Die Holländer nannten ihn wegen seiner Eigenschaft, im erwärmten Zustande Asche anzuziehen, Aschentrekker. Die erste schriftliche Nachricht über diese Eigenschaft des Turmalins stammt aus dem Jahre 1707.[101]) Im Jahre 1717 zeigte Lemery in der Akademie der Wissenschaften zu Paris einen Turmalin vor und theilte mit, dass dieser leichte Körper, als Asche, Eisenfeile, Papierstückche und dgl. anziehe und wieder abstoße.

Linné nennt diesen Stein, ohne ihn je gesehen zu haben, „lapis electricus.“ [102])

Der ausgezeichnete Physiker Aepinus[103]) erhielt 1757 zwei Turmaline, mit denen er verschiedene Experimente anstellte, deren Resultate er veröffentlichte. [104]) Er zeigte, dass der Turmalin nach seiner Erwärmung ein an einem Seidenfaden hängendes Korkkügelchen anzog und hierauf abstieß, dass er im Dunkeln erwärmt leuchtete, aber was das Merkwürdigste war, dass er an einer Seite positive und an der entgegengesetzten negative Elektricität besaß. Aepinus leitete aus seinen verschiedenen Versuchen auch die Regel ab, dass bei dem ungleich erwärmten Turmalin die Pole die entgegengesetzten seien von denen am gleichförmig erwärmten.

Dieselben Experimente wurden auch von Wilke angestellt. [105]) Wilson in London dagegen behauptete [106]), dass ein Turmalin, wenn er ungleichmäßig erwärmt, z. B. mit einem Ende in eine Lichtflamme gehalten würde, an beiden Enden gleichnamige Elektricität bekäme, entweder positive oder negative.

Endlich brachte Canton Klarheit in diese Untersuchungen, indem er das Gesetz entdeckte, dass der Turmalin nur während er eine Temperaturänderung erleidet, elektrisch wird, dass ferner, wenn bei der Erwärmung das Ende *A* positiv, das Ende *B* negativ elektrisch wird, während der Abkühlung das Ende *A* negativ und das Ende *B* positiv elektrisch wird. Canton hatte dies im Jahre 1759 veröffentlicht [107]), dennoch nahmen sieben Jahre später (1766) in der Stockholmer Akademie Bergman und Wilke[108]) die Entdeckung für sich in Anspruch. Ersterer zeigte auch, dass die an einem Turmalinkrystalle erregten Elektricitäten stets in gleicher Menge vorhanden sind.

Die Pyroelektricität wurde dann von Canton am brasilianischen Topas und von anderen noch an verschiedenen Mineralien nachgewiesen [109]).

Thierische Elektricität.

§. 24. Auch die Erscheinungen der thierischen Elektricität sind bereits in den ältesten Zeiten wahrgenommen worden, ohne dass man natürlich über das Wesen derselben sich

einen Aufschluss zu geben imstande war. Schon Aristoteles, Plinius[110]) und Aelian[111]) kannten die Erschütterungen des Zitter- oder Krampfrochens (Torpedo). Die Sage berichtet, dass vor Jahrtausenden bereits Negerfrauen in Afrika ihre kranken Kinder im Wasser, worin sich ein Zitterrochen befand, badeten. Ähnliche Heilmethoden finden wir bei den Griechen und Römern. Zur Zeit des Kaisers Tiberius wurde eine solche von dem Arzte Scribonius Largus angewendet. Verschiedene Schriftsteller[112]) der Griechen und Römer erwähnen die Heilkraft dieses Fisches.

Nach Aristoteles, bei welchem dieser Fisch Narke[113]) hieß, soll er im Sande liegen, die über ihm herschwimmenden Fische betäuben und sich ihrer bemächtigen. Nach Cicero[114]) bedient er sich dieser Eigenschaft auch zur Vertheidigung.

Beim Zitteraal (Gymnotus electricus) hat zuerst Richer[115]) 1671 in Cayenne die merkwürdige Eigenschaft, Schläge zu ertheilen, beobachtet. Er sagt, dass, wenn man den Aal mit der Hand, ja sogar nur mit einem Stocke berühre, der Arm dergestalt erstarre, dass man ihn eine Viertelstunde lang nicht rühren könne. Réaumur behauptete[116]) im Jahre 1714, nachdem man früher die Aussendung lähmender Moleküle angenommen hatte, dass die Wirkungen von einem mechanischen Vorgange herrühren, ähnlich einer Feder, welche losgeschnellt wird, oder wie ein in Vibrationen befindlicher tönender Körper. Gravesand erklärte zuerst im Jahre 1755[117]) diese Wirkung für einen elektrischen Schlag, aber ohne Funken. Nach anderen soll Bancroft oder Musschenbroek[118]) die Identität des Lähmungsvermögens der „Krampffische“ und der Elektricität zuerst behauptet haben, indem dieser, nachdem er zum ersten Male den Schlag einer Leydenerflasche verspürt hatte, ihn sogleich mit dem Schlage eines Zitterrochens verglich.

Jener stellte 1766 zahlreiche Versuche mit dem Zitteraal in Guiana an, und beobachtete Schläge, welche durch eine Kette von 10 bis 12 Personen hindurchgiengen.

Aber auch van der Lott, ein holländischer Chirurg zu Essequebo in Surinam, hat bereits 1761 umfassende Berichte über Experimente mit diesem Fische, den er Drillfisch nennt, mit-

getheilt. Als er denselben mit einem langen eisernen Stabe berührte, erhielt er einen ansehnlichen Schlag, nicht aber, wenn er ein trockenes Tuch um die Handhabe wickelte. Mit einer Glasstange oder einer Siegellackstange konnte er ungestraft das Thier berühren. Mehreremale gab er den Fisch in einen mit Wasser gefüllten Nachen. Ein Mensch steckte am anderen Ende 20 Fuß weit die Hand in das Wasser, und als Lott den Fisch berührte, so fühlte jener dennoch den Schlag.

W. Garden [119]) hat im Jahre 1773 Versuche mitgetheilt, nach welchen der Schlag durch mehrere Personen wirkt, wenn die erste den Kopf des Fisches berührt und die letzte die Hand ins Wasser hält.

Die verlässlichsten Untersuchungen in dieser Richtung sind unzweifelhaft von Walsh im Jahre 1772 zu La Rochelle und auf der Insel Re angestellt worden; dieser erhielt endlich auch wirklich sichtbare Funken. [120]) Derselbe beobachtete, dass der Zitterrochen auf einige Entfernung hin kleine Fische erschlägt oder wenigstens betäubt, und dass, wenn er einen Schlag gibt, dieser stets ein willkürlicher sei, indem man ihn manchmal mehrere Male hintereinander ohne Erfolg berühren könne. Reizt man ihn, so erhält man verstärkte Schläge. Walsh hat zuweilen 50 Entladungen in einer Minute gezählt.

Im Jahre 1793 zeigte der Anatom John Hunter, dass der Zitterrochen ein sehr compliciertes Organ zur Elektricitätserregung besitze. Er beschreibt bereits die Säulchen des Apparates und zählte deren sogar bei einem sehr großen Exemplare von $1^1/_2$ Meter Länge 1184.

Elektrisierung durch Vertheilung.

§. 25. Die Kenntnis des Princips der elektrischen Influenz ist vorzüglich durch die im Jahre 1753 und in den darauf folgenden Jahren von dem Engländer Canton und den Deutschen Wilke [121]) und Aepinus [122]) über den elektrischen Wirkungskreis oder die sogenannte elektrische Atmosphäre angestellten Untersuchungen [123]) gewonnen worden. Zwar hatten die Physiker schon früher vielfach hieher gehörige Erscheinungen beobachtet, aber dieselben irrig gedeutet.

Schon im Jahre 1733 hatte Du Fay zum Behufe der Untersuchungen der Leitungsfähigkeit verschiedener Körper wollene, baumwollene und leinene Fäden an einer isolierten Eisenstange aufgehängt und bemerkt, dass, wenn eine elektrische Glasröhre der Eisenstange genähert wurde, die Fäden auseinander giengen, die leinenen am meisten, weniger die baumwollenen, am wenigsten die wollenen. [124])

Auch hatte schon Gray beobachtet, dass, wenn er an die Fußsohlen eines in Hanfschnüren hängenden Knaben die geriebene Glasröhre hielt, ein unter dem Kopfe desselben befindliches Metallblättchen zur Höhe von mehreren (8—10) Zollen emporgezogen wurde.

Bei einem anderen Versuche hängte er eine 27 Fuß lange, an einem Ende breitere Holzstange an Hanfschnüren auf und befestigte am anderen Ende der Stange an einem etwa einen Fuß langen leitenden Bindfaden einen Kork. Sobald nun Gray dem breiteren Ende die geriebene Glasröhre näherte, zog der Kork ein unter demselben liegendes Metallblättchen einen Zoll und höher empor.

Diese und ähnliche Erscheinungen wurden jedoch von den Physikern bis zur Mitte des vorigen Jahrhundertes dahin gedeutet, dass geriebene Körper von öligen Ausflüssen wie von einer Atmosphäre umgeben seien und dass ein in diesen Dunstkreis, den sie auch elektrische Atmosphäre nannten, gebrachter Körper infolge hiervon selbst elektrisiert werde.

Den ersten Anstoß zu einer richtigen Einsicht gaben die Versuche von Canton, obwohl dieser selbst noch nicht zu einer klaren Vorstellung gelangt war. Seine Versuche waren nämlich folgende. Er befestigte ein Paar Korkkügelchen an Zwirnfäden und ein anderes Paar an Seidenfäden und hängte sie so auf, dass sich je zwei zusammengehörende Kügelchen berührten. Sobald eine geriebene Glasröhre denselben genähert wurde, giengen die an Zwirnfäden aufgehängten Kügelchen auseinander, fielen aber wieder zusammen, sobald die Glasröhre entfernt wurde; die Kügelchen an den Seidenfäden dagegen divergierten erst bei größerer Annäherung der Glasröhre, blieben aber auch nach Entfernung der Glasröhre noch einige Zeit divergent.

Canton isolierte ferner eine Blechröhre und befestigte an jedem der beiden Enden mittels leinenen Fäden ein Paar Korkkügelchen. Wenn er nun eine geriebene Glasröhre einem Ende der Blechröhre näherte, so sah er die Korkkugeln an beiden Enden divergieren, dagegen zusammenfallen, wenn die Glasröhre entfernt wurde. Canton konnte sich ungeachtet dieser Beobachtungen von der Vorstellung einer elektrischen Atmosphäre nicht frei machen.

Selbst noch Franklin war nicht imstande, jene Erscheinungen nach seiner Theorie genügend zu erklären. Namentlich war er noch der Ansicht, dass elektrische Körper von einer elektrischen Atmosphäre umgeben seien, und dass ein in diese Atmosphäre gebrachter Körper, infolge hievon Elektricität erhalte und zwar dieselbe, welche jene besitzen. Dieser Irrthum ist nun vorzüglich durch Wilke und Aepinus widerlegt worden, indem zuerst Wilke und später Aepinus mit Entschiedenheit zeigten, dass Körper, welche in die Nähe eines elektrischen Körpers gebracht werden, an dem genäherten Ende nicht die gleiche, sondern die entgegengesetzte Elektricität von der des elektrischen Körpers erhalten.

Wilke stellte in dieser Beziehung wichtige Versuche an.[125] Er beobachtete nämlich, dass isolierte Körper bei Annäherung eines elektrischen selbst Elektricität äußern, dagegen wieder unelektrisch werden, wenn dieser entfernt wird; dass ferner ein nicht isolierter Körper, dem man einen elektrischen nähert, die dem letzteren entgegengesetzte Elektricität besitzt. Dasselbe bemerkte er auch, wenn er einen elektrischen Körper in die Nähe eines noch unelektrischen stellte und zugleich dem letzteren eine Spitze näherte.

Aepinus wiederholte die Versuche Wilke's und gelangte zur Überzeugung; dass es keine andere elektrische Anziehung, als zwischen entgegengesetzten Elektricitäten gibt, indem jeder Körper, welcher in den elektrischen Wirkungskreis[126] nes elektrischen Körpers gebracht wird, an dem genäherten nde sich mit der entgegengesetzten Elektricität ladet, auf hnliche Weise, wie der Magnet das Eisen nur insofern anzieht, ls dasselbe in seiner Nähe selbst in einen Magnet verwandelt

wird, und nun die einander zugewendeten ungleichnamigen Pole beider Magnete sich gegenseitig anziehen. Dies führte zur richtigen Erkenntnis des Vorganges bei der Ladung einer Leydenerflasche und einer Glastafel Franklins.

Aepinus hängte zwei große Blechtafeln in einer geringen Entfernung von einander auf und stellte zwischen beide eine Glastafel. Wurde nun die eine Blechtafel elektrisiert und an die Glastafel herangerückt, während die andere, mit der Erde leitend verbundene Blechtafel ebenfalls der Glastafel genähert wurde, so zeigten sich die beiden Blechtafeln entgegengesetzt elektrisch.

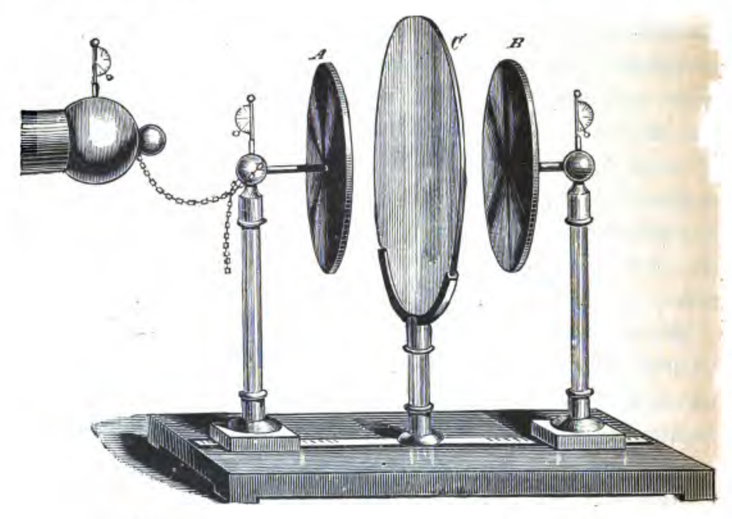


Fig. 8. Condensator des Aepinus.

Beistehende Figur zeigt den Apparat des Aepinus, wie er später vervollkommenet wurde. *A* und *B* sind Metallscheiben, welche längs eines Lineals bis dicht an die Glastafel herangeschoben werden können.

Wilke und Aepinus ließen endlich die Glastafel weg und der Erfolg an den Metallscheiben blieb derselbe. Wurde die eine mit positiver Elektricität geladen, so zeigte die andere negative, und wenn jemand eine Hand auf die eine Tafel legte, während er zugleich mit der anderen die zweite Tafel berührte,

so erhielt er einen elektrischen Schlag wie von einer Franklinschen Tafel oder einer Leydenerflasche. Da es also gelungen war, gleichsam eine Lufttafel zu laden, so war dadurch Franklins Ansicht widerlegt, dass die Ladungsfähigkeit der Glastafel auf der besonderen Structur des Glases beruhe.

Elektrometer.

§. 26. Offenbar haben wir schon in den Versuchen von Gray und Du Fay, welche das Divergieren benachbarter elektrischer Fäden beobachteten, die Grundlage zur Erfindung des Elektrometers zu suchen. Abt Nollet, welcher diese Versuche gesehen hatte, kam zuerst auf den Gedanken, dass man aus dem größeren oder kleineren Winkel, welchen die Fäden bilden, auf den Grad der Elektricität schließen könne. Er schlug vor,[127]) den Winkel, welchen die Fäden mit einander bilden, durch ihren auf einem Brette aufgefangenen Schatten mit einem Gradbogen zu messen.

Waitz in Berlin schlug vor, an den Enden der Fäden Körperchen anzubringen und behauptete Metallplättchen oder kleine Gewichtchen würden dazu am besten zu verwenden sein.[128])

Ellicott schlug eine Wage vor, wo das Gewicht in einer Schale zeigen soll, wie stark ein elektrischer Körper die darüber befindliche andere Schale anziehe.[129]) Ähnlich ist ein Vorschlag von Gralath.[130])

Das erste brauchbare Elektrometer war das Korkkugel-Elektrometer von Canton, wie es noch heutzutage im Gebrauche steht. Er veröffentliche[131]) die Beschreibung desselben 1753. Hierauf wurden die verschiedensten Elektrometer construiert, welche jedoch im Principe von dem Canton'schen nicht abweichen, und von denen wir nur einige der wichtigeren hervorheben wollen.

Im Jahre 1772 erfand Henley das Quadrant-Elektrometer[132]), im Jahre 1781 Volta das Strohhalm-[133]), und 1787 ennet das Goldblatt-Elektrometer.[134])

Theorien der Elektricität.

§. 27. Nachdem wir nun die wichtigsten Erscheinungen und Gesetze der Elektricität, welche vor der Entdeckung des Galvanismus bekannt geworden, angeführt zu haben glauben, wollen wir untersuchen, auf welche Weise man eben diese Erscheinungen und Gesetze zur Aufstellung einer eigentlichen Theorie der Elektricität zu benützen suchte.

Die wahre Ursache der elektrischen Erscheinungen wurde von den ersten Elektrikern nur sehr unbestimmt besprochen. Man nannte diese Ursache ein elektrisches Feuer oder ein elektrisches Fluidum.

Die elektrische Anziehung suchte man mittelst Ausflüssen, welche aus dem durch Reiben elektrisch gemachten Körper hervorkämen, zu erklären. Man nahm an, dass dieselben sich an alle nahen Körper ansetzten und die leichten mit sich zurückführten, denn auf dem damaligen Standpunkte behauptete man, dass alle Ausflüsse zu dem Körper, aus welchem sie hervorgekommen, wieder zurückkehrten, weil es sonst nicht erklärlich wäre, dass die Substanz durch solchen fortwährenden Verlust nicht eine Veränderung erfahre. Wären die leichten Körperchen nun an den elektrisch gemachten Körper gelangt, so würden sie wieder durch neue Ausflüsse fortgeführt. Natürlich sollten diese Theilchen sich nur auf eine gewisse Distanz hin entfernen, um wieder zum elektrischen Körper zurückkehren zu können, und so entstand die Vorstellung von einem elektrischen Dunstkreis oder der elektrischen Atmosphäre.

Nollet und seine Anhänger behaupteten später, dass bei allen elektrischen Vorgängen eine Strömung des Fluidums nach zwei entgegengesetzten Richtungen stattfände, dass der Zufluss dieser Materie alle leichten Körperchen vor sich auf den elektrisierten Körper hintreibe, und der Ausfluss derselben sie wieder zurückstoße. Hierbei nimmt er bei jedem elektrischen Körper zweierlei Öffnungen (Poren) an, von denen die einen die Ströme herauslassen, die anderen dieselben aufnehmen.[135])

Unstreitig war es ein großer Schritt zur wahren Theorie sich dieser Idee bewegender Ströme zu entschlagen und zur Annahme der Anziehung und Abstoßung als einer statischen Kraft überzugehen.

Nachdem Du Fay entdeckt hatte, dass es zwei Gattungen von Elektricität gibt, nahm er zwei verschiedene elektrische Flüssigkeiten an, deren jede ihre eigenen Theilchen abstoßt, während sie die Theilchen der anderen anzieht.

Diesem entgegen stand die Ansicht von bloß einer elektrischen Materie, von welcher jeder Körper in seinem natürlichen Zustande ein gewisses Quantum enthält. Erhält der Körper mehr als dieses Quantum, so wird er positiv elektrisch, sinkt sein Gehalt an elektrischer Materie unter dieses Quantum herab, so wird er negativ elektrisch. Deshalb hieß auch der positive Zustand der des Überflusses, der negative dagegen der des Mangels. Die Theilchen der elektrischen Materie stoßen einander ab, die Körpertheilchen wirken aber anziehend auf jene. Da die Ansicht von einem Fludium einfacher schien, und zu denselben Resultaten führte, wie die Annahme von zwei einander entgegengesetzten elektrischen Materien, so blieb jene auch wirklich durch längere Zeit die vorherrschende.

Diese Theorie wurde von Watson und Franklin im Jahre 1747 aufgestellt. Nach der Meinung des letzteren besaß eine Leydenerflasche vor und nach ihrer Entladung dieselbe Quantität Elektricität, nur war die Vertheilung derselben verschieden, indem das durch die Ladung gestörte Gleichgewicht durch die Entladung wieder hergestellt wurde.

Ein positiv elektrischer Körper und ein gleich stark negativ elektrischer werden, zusammen gebracht, beide unelektrisch, weil die Menge Elektricität, die jener zu viel hat, den Mangel des letzteren ausgleicht. Auf leichte Weise ergibt sich daraus die Influenz oder Vertheilung, aber nur hinsichtlich der positiv elektrischen Körper.

Indem der elektrische Körper mit seinem Überschusse an Elektricität auf die natürliche Elektricität des neutralen Körpers wirkt, wird in diesem durch die überwiegende Repulsion des ersteren die Elektricität von dem ihm zugewandten Ende nach

dem abgewandten Ende hingedrängt und jenes Ende enthält nun weniger Elektricität als früher, ist somit negativ, das letzte enthält mehr davon und ist also positiv elektrisch. Schwieriger ist die Vertheilung durch einen negativ elektrischen Körper nach dieser Hypothese abzuleiten; es wird dabei der Erfolg abhängig gemacht von einer Anziehung, die zwischen den elektrischen und materiellen Theilchen stattfindet.

So einfach die Hypothese der Unitarier erscheint, so lässt sich nach derselben die Abstoßung negativ elektrischer Körper doch nur wieder durch eine neue Annahme erklären, dass nämlich die Körpertheile, wenn sie aller elektrischen Materie beraubt wären, einander abstoßen würden. Die Annahme einer solchen ursprünglichen Abstoßungskraft der Materie rührt von Aepinus[136]) her, welcher die Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus der mathematischen Analysis zu unterwerfen versuchte. Aepinus findet in der Annahme dieser Abstoßungskraft keinen Widerspruch gegen die allgemeine Gravitation, da bei dieser mit natürlicher Elektricität versehene Massen betrachtet werden, während seine Entwicklung die Massen von jeder Elektricität befreit annimmt.[137]) Jene, welche die Abstoßung negativ elektrischer Körper durch Mitwirkung der atmosphärischen Luft erklärten, sahen sich bald mit der Natur in Widerspruch, nach welcher die elektrische Repulsion auch im luftleeren Raume stattfindet.

Die Schrift des Aepinus über die Theorie der Elektricität und des Magnetismus vom Jahre 1759 scheint nicht sehr verbreitet gewesen zu sein, indem noch 1771 Henry Cavendish dieselbe Hypothese, als von ihm erfunden, der königl. Societät zu London vorlegte.[138])

Dagegen vertheidigte der Engländer Robert Symmer[139]) die Existenz von zwei elektrischen Materien (Flüssigkeiten). Im natürlichen oder unelektrischen Zustande sind diese Materien in einem Körper gleichförmig mit einander gemengt; wird aber die Gleichförmigkeit gestört, d. h. enthält der Körper an irgend einer Stelle mehr Theilchen von der einen als von der anderen Materie, so befindet sich dieser Überschuss im freien (ungebundenen) Zustande. Insbesondere geschieht beim Elektrisieren

durch Vertheilung diese Aufhebung der gleichförmigen Mengung, indem die in einem Körper vorhandene freie Elektricität in jedem anderen Körper, welcher in seinem Innern den elektrischen Materien Bewegung gestattet, der somit ein Elektricitätsleiter ist, die Theilchen der mit ihr gleichartigen Materie zurückdrängt und die Theilchen der ungleichartigen anzieht. Die Abstoßung gleichnamig elektrischer Körper und die Anziehung ungleichnamig elektrischer folgt aus der vorausgesetzten Abstoßung der Theilchen der gleichartig elektrischen und der Anziehung der Theilchen der ungleichartig elektrischen Materien. In einem Leiter begibt sich die ihm beigebrachte freie Elektricität, infolge der jeder der beiden elektrischen Materien innewohnenden Abstoßungskraft, stets an die Oberfläche. Nach Symmers Theorie besteht jeder elektrische Funke aus beiden Materien, welche sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen und einen Doppelstrom darstellen. Krünitz bemerkt in dieser Beziehung[140]), dass der Wulst, welchen man gewöhnlich auf beiden Seiten eines durch einen elektrischen Funken durchbohrten Buches Papier wahrnimmt, als ein starker Einwurf gegen die Lehre eines einzigen elektrischen Stromes angesehen werden müsse.

Cygna, welcher Symmer's Theorie vollständig angenommen und dessen Versuche fortgesetzt hatte, zeigte, dass die beiden entgegengesetzten Elektricitäten gewöhnlich zu gleicher Zeit hervorgebracht werden.

Wilke nahm anfangs sämmtliche allgemeine Grundsätze der durch Aepinus weiter entwickelten Theorie Franklins an, gieng aber später zur Ansicht Symmer's über. Ja selbst Aepinus nahm in späteren Jahren die Auffassung von zwei Elektricitätsarten an. Die Untersuchung von Erscheinungen durch elektrische Vertheilung leitete Wilke zur Entdeckung, dass eine elektrisierte Glastafel die an beiden Flächen der Tafel anliegenden beweglichen Metallbelegungen Tage, ja Wochen hindurch durch Vertheilung zu elektrisieren vermöge.[141]) Volta vertauschte im Jahre 1775 die Glastafel mit einem Harzkuchen, ließ nur die eine Belegung beweglich und nannte den Apparat: elettroforo perpetuo.[142])

Dass die Theorie von einer Flüssigkeit so großen Anklang gefunden, erklärt sich auch daraus, dass man noch keine Fälle kannte, in denen sich in der Wirkungsweise der positiven und der negativen Elektricität eine Verschiedenheit zeigte. Die Experimente mit Spitzen aber, bei welcher Gelegenheit Professor Hamilton an der Universität Dublin das elektrische Flugrädchen erfunden [143]), und Priestley [144]) nicht nur den kühlen Hauch und den phosphorartigen Geruch empfunden, sondern auch wahrgenommen hatte, dass eine genäherte Flamme durch diesen Hauch von der Spitze weggetrieben wurde, führten auch zur Entdeckung, dass bei der Ausstrahlung aus Spitzen im Dunkeln am positiven Conductor sich ein weit größerer Strahlenbüschel zeigt, als am negativen. Eine andere Verschiedenheit der beiden Elektricitäten wiesen die sogenannten elektrischen Figuren auf, welche zuerst Lichtenberg in Göttingen 1777 dargestellt hatte. [145])

Ein entschiedenes Übergewicht erhielt endlich die Theorie von zwei Fluiden durch die experimentellen und theoretischen Forschungen des ausgezeichneten Physikers Charles Augustin Coulomb, (geb. 1736 zu Angoulème). Nachdem er in Paris in das Geniecorps eingetreten war, wurde er nach der Insel Martinique geschickt, um dort ein Fort zu bauen. Nach neun Jahren kehrte er mit geschwächter Gesundheit zurück, da ihm das Klima nicht zuträglich war. Er wurde nun als Ingenieur bei Festungs- und Wasserbauten beschäftigt und zog bald durch seine wissenschaftlichen Untersuchungen auf den Gebieten der Mechanik, des Magnetismus und der Elektricität die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf sich. Im Jahre 1779 zeichnete er sich durch die Lösung einer von der Pariser Academie gestellten Preisaufgabe aus, nämlich „über die beste Herstellung von Schiffscompassen“. Im Jahre 1781 wurde er unter die Mitglieder der Academie aufgenommen. Auch blieb er im Geniecorps als Oberstlieutenant bis zum Ausbruche der Revolution, worauf er seine Ämter aufgab und sich in ein Landhaus zurückzog, in welchem er sich ganz wissenschaftlichen Untersuchungen widmete. Im dritten Jahre der Republik kehrte er nach Paris zurück, wo er 1806 starb. Seine Beobachtungen

stehen in schöner Übereinstimmung mit den Resultaten der Theorie.

Bei seinen zahlreichen Versuchen über die Elasticität des Metalldrahtes verfiel er auf den glücklichen Gedanken, den Torsionswiderstand eines dünnen Drahtes zur Messung kleiner Kräfte zu verwenden und erfand die Torsionswage.[146]) Derselben bediente er sich zur Entdeckung des Gesetzes, nach welchem sich die magnetischen und elektrischen Anziehungen und Abstoßungen richten und fand, dass diese, gleich der allgemeinen Schwere, sich verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten.[147])

Coulomb betrachtete es nun als einen Widerspruch, dass die Körperelemente eine Anziehung im verkehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung, zu gleicher Zeit aber eine Abstoßung nach demselben Gesetze haben sollen. Erstere sei durch die allgemeine Gravitation erwiesen, somit könne die Abstoßung zweier negativ elektrischer Körper nur durch Annahme von zwei verschiedenen elektrischen Materien erklärt werden.

Mit Hilfe seiner Wage entdeckte er auch die Gesetze, nach denen sich die Elektricität auf der Oberfläche der Körper verbreitet, ohne in das Innere derselben einzudringen,[148]) und zeigte, dass die Wirkung zweier elektrisierter Kugeln auf einander dem Producte ihrer Elektricitätsmengen proportional sei.

Er untersuchte auch auf die mannigfaltigste Weise mit Hilfe von Prüfungsscheibchen und der Torsionswage die Stärke der Elektricität an Cylindern und anderen Körpern.[149])

Coulomb war ferner eifrig bemüht, in der Elektricität den reinen Calcül anzuwenden und er hat das Verdienst, für eine Theorie der Elektricität, welche selbst verwickelte Erscheinungen der mathematischen Analysis zu unterwerfen imstande ist, die Elemente vorbereitet zu haben. Bisher haben wenigstens die großen Fortschritte auf dieser Bahn die Genauigkeit und den Scharfsinn jenes großen Naturforschers auf eine glänzende Weise bestätigt.

Man muss Coulomb unstreitig als einen der ausgezeichnetsten Naturforscher des verflossenen Jahrhundertes bezeichnen,

welcher die Untersuchung der zahlreichen, einzelnen Erscheinungen der allgemeinen Attraction und Repulsion, wie sie von Newton aufgestellt war, mit Scharfsinn verfolgte. Seine Arbeiten bildeten gleichsam den Schlussstein der Untersuchungen über die Erscheinungen der statischen Elektricität, nicht allein für das 18., sondern auch weit hinein in das 19. Jahrhundert. Auf sie gestützt hat Poisson in den Jahren 1811 und 1824 seine tiefen analytischen Untersuchungen über die Vertheilung der Elektricität auf Leitern unternommen, welche mit den Resultaten der Coulomb'schen Versuche übereinstimmen.

Anwendung der Elektricität in der Medicin.

§. 28. Was die medicinische Anwendung der Elektricität betrifft, so wurde darüber von Kratzenstein, praktischem Arzte in Halle, bereits 1745 eine kleine Schrift[150]) veröffentlicht. Ihm folgte Johann Bohadsch, Arzt zu Prag[151]), ferner Jallabert zu Genf, Nollet, Sauvages in Frankreich und andere.[152]) Besonders von 1755 an werden die elektrischen Curen immer häufiger. Tiberius Cavallo[153]) schreibt: „Dass die Elektricität in manchen Fällen, in denen der Gebrauch anderer Mittel vergebens war, sehr gute Dienste geleistet hat, ist außer Zweifel. In manchen Fällen ist ihre Unwirksamkeit in der That mehr einer ungeschickten Anwendung von ihr, als irgend einer anderen Ursache zuzuschreiben, denn gemeiniglich ist sie entweder von Kennern der Elektricität, die keine Ärzte waren, oder von Ärzten gebraucht worden, die wenig oder gar keine Bekanntschaft mit der Elektricität hatten. Die unstreitigen Wirkungen der Elektricität sind eine Beförderung der unmerklichen Ausdünstung und ein beschleunigter Umlauf des Blutes."

Die meisten aus jener Zeit herrührenden Schriften heben hervor, dass die Elektricität vorzüglich bei Lähmungen gute Dienste geleistet habe. Zur Beförderung der Verdunstung wurden die Personen in isolierter Stellung mit dem Conductor eine Elektrisiermaschine verbunden und dann so lange elektrisiert als es der Arzt für gut fand. Man nannte diese Art der Elektri

sierung das „elektrische Bad". Bei rheumatischen Schmerzen und bei Lähmungen zog man mehr oder weniger starke Funken aus dem leidenden Theile.

Ein sehr merkwürdiges Verfahren zur Heilung von Zahnschmerzen mittels Elektricität war folgendes.[154]) Die dazu nöthige Vorrichtung bestand (Fig. 9) aus zwei Drähten A D und B F, welche in einem Klötzchen H aus sehr trockenem Holze sich befanden, an dem einen Ende mit Ringen A und B versehen, an dem anderen gegen einander gebogen waren und einen kleinen Zwischenraum E ließen, welcher beliebig vergrößert oder verringert werden konnte. Diese Vorrichtung, an welcher das Klötzchen aus trockenem Holze die Hand des Arztes isolieren sollte, wurde so angelegt, dass der leidende Zahn von den beiden Drähten bei E ziemlich fest umschlossen wurde. Alsdann verband man den Ring des einen Drahtes durch eine Kette mit der äußeren Belegung einer geladenen Flasche und das Ende des anderen mit dem Knopfe derselben, wodurch die Entladung durch den Zahn geleitet wurde. Wir sind außer Stande, anzugeben, ob dieser originelle Vorgang die Patienten von ihren Schmerzen befreit habe!



Fig. 9

Zu den verschiedenen medicinischen Anwendungen waren unter anderem sogenannte elektrische Directoren nothwendig. Diese waren dicke Metalldrähte, welche durch Metallschnüre mit dem Conductor verbunden werden konnten, und mit gläsernen Handhaben versehen waren. Sie endeten in Spitzen, an welche aber entweder größere oder kleinere Kugeln, oder auch hölzerne, elfenbeinerne Kegel angebracht werden konnten. Mancher Kranke erhielt elektrische Ströme, entweder, —enn man mittels der Spitze eines mit dem Conductor verbun-ınen Directors den elektrischen Wind auf ihn leitete, oder ·enn er in das elektrische Bad gesetzt, und dann jenem Theile ›ines Körpers, welcher elektrisiert werden sollte, die Spitze nes mit der Erde verbundenen Directors genähert wurde. Die

Strömung wurde im ersten Falle das Einströmen, im anderen Falle das Ausströmen genannt. Um häufige kleine Funken aus der zu elektrisierenden Stelle zu erhalten, wurde dieselbe mit einem wollenen Zeuge, z. B. mit Flanell bedeckt, der Kranke ins elektrische Bad gesetzt, und die Kugel eines mit der Erde verbundenen Directors dann auf dem Flanell schnell hin und her bewegt. Man hat diese Art der Behandlung die *elektrische Reibung* genannt.

II. Abschnitt.

Von der Entdeckung des Galvanismus bis zum Aufblühen der Elektrotechnik.

Galvani's Entdeckung.

§. 29. Nach der Erfindung der Leydenerflasche und nach Entdeckung der atmosphärischen Elektricität schien es, als ob ein Stillstand in der Entwicklung der Elektricitätslehre eintreten würde. Coulomb beschäftigte sich nur mit der Theorie der statischen Wirkungen seines elektrischen Fluidums und in allen übrigen Zweigen dieser Wissenschaft machte man seitdem weder eine bedeutende neue Entdeckung, noch auch fand man für die früheren Entdeckungen ein neues Princip. Da wurde gegen Ende des 18. Jahrhundertes durch einen Zufall eine Elektricitätsquelle aufgefunden, welche an Ergiebigkeit alle früheren übertraf, nämlich die sogenannte *Berührungselektricität*, nach ihrem Entdecker *Galvanismus* genannt. Allerdings ist die erste, aber gar nicht verstandene Beobachtung dieser elektrischen Erregung bereits von *Sulzer* im Jahre 1760 gemacht worden.[155]) Er berichtet, dass, wenn man ein Stück Blei und Silber so an einander legt, dass man zwischen die an der einen Seite etwas von einander entfernten Metalle die Zun bringt, man einen Geschmack nach Eisenvitriol empfinde, d jedes einzelne Metall nicht bewirke. Zugleich bemerke m außerdem, wenn man die Augen schließe, einen vorübergehe

den Lichtschein. Diese Thatsachen wurden aber von Sulzer durchaus nicht als elektrische Erscheinungen erkannt. Er suchte vielmehr dieselben durch eine eigenthümliche Vibration(!) der Metalle und deren Übertragung auf die Sinnesnerven zu erklären. Seine Versuche blieben vereinzelt stehen und geriethen in Vergessenheit.

Eine folgenreiche Entdeckung machte jedoch im Jahre 1789 Alois Galvani (geb. 1737 zu Bologna), Professor der



Fig. 10. Alois Galvani.

Anatomie an der Universität daselbst. Verschieden lauten die Berichte über den Umstand, welcher den Bologneser Arzt veranlasste, enthäutete und präparierte Froschschenkel auf seinen rbeitstisch zu legen. Nach der gewöhnlichen Erzählung hatten ie Ärzte seiner leidenden Gattin eine stärkende Brühe aus 'roschschenkeln verordnet. Eines Tages nun lag zufällig eine nzahl zu diesem Zwecke vom Professor enthäuteter Frösche

auf dem Tische desselben, während er mittels einer in der Nähe befindlichen Elektrisiermaschine elektrische Versuche anstellte. Bei diesen Versuchen bemerkte er nun, dass die enthäuteten Frösche allemal in eigenthümliche Zuckungen geriethen, wenn aus dem Conductor der Elektrisiermaschine ein Funke sprang, während einer seiner Schüler zufällig den bloßliegenden Nerv des Froschschenkels mit einer Messerspitze berührte.

Da Galvani die Erscheinung des Rückschlages, welcher die Zuckungen erzeugte, nicht kannte, so schrieb er dieselben der thierischen Elektricität zu, die durch den Funken erregt werde. Er wollte nun untersuchen, ob die atmosphärische Elektricität wohl ähnlich auf das Froschpräparat wirke, wie der Funke aus dem Conductor der Maschine, und fand dies auch bei Gewittern bestätigt, denn jeder Blitz versetzte den präparierten Frosch in Zuckungen.

Zum Behufe solcher Versuche hatte er mehrere Froschschenkel mittels kupferner Haken, welche in der Wirbelsäule der Frösche befestigt waren, an dem eisernen Geländer des Balcons seiner Wohnung aufgehängt. Als nun zufällig die Froschschenkel das Eisen berührten, so dass ein metallischer Bogen das Rückenmark mit den äußeren, das Eisen berührenden Muskeln in Verbindung brachte, so entstanden lebhafte Zuckungen. Diese standen offenbar mit der atmosphärischen Elektricität in gar keinem Zusammenhange.

Bei weiteren in seinem Zimmer angestellten Versuchen kam er zur Ueberzeugung, dass die enthäuteten Schenkel eines eben getödteten Frosches in Zuckungen gerathen, sobald man die aus dem Rückgrate austretenden Schenkelnerven mit einem Kupferdrahte, die Schenkelmuskeln aber mit einem Eisendrahte berührt und dann beide Drähte unter sich in Verbindung bringt. Diese Wirkung beobachtete Galvani zuweilen selbst noch nach einigen Stunden, allein sie nahmen meistens schnell ab und gewöhnlich zeigten sie sich 20 bis 30 Minuten nach dem Tode des Thieres nur noch schwach. Die Zuckungen erkannte er sogleich als wesentlich verschieden von den convulsivischen Bewegungen, welche Reptilien, Fische u. s. w. oft noch lange nach ihrer Verstümmelung zeigen.

Solche Beobachtungen führten Galvani zur Ansicht, dass es eine Elektricität gebe, welche dem Organismus der Thiere eigenthümlich angehöre. Dieselbe sei in den Muskeln und in den Nerven in entgegengesetzter Art vorhanden, und werde durch die Metalle vereinigt, wodurch die Muskelzusammenziehungen erfolgten. Er verglich die Nerven und Muskeln des Froschpräparates mit den Belegungen einer geladenen Leydenerflasche, welche durch Anlegung und Verbindung der beiden Drähte entladen werde. Es ist merkwürdig, dass sich bereits im Jahre 1742 in den Mémoires de l'Academie des sciences à Paris S. 187 eine Notiz über die Beobachtung der Froschzuckungen vorfindet.

Alexander Volta.

§. 30. Die Kunde von Galvanis Entdeckung verbreitete sich bald über Deutschland, Frankreich und England. Überall wurde experimentiert. Man glaubte sogar, hier der eigentlichen Lebenskraft auf der Spur zu sein, welche sich selbst nach dem Tode durch elektrische Einwirkungen noch erregen lasse. Galvanis Entdeckung wurde bald allgemein angenommen. Auch A. v. Humboldt schloss sich der galvanischen Theorie an. Nur einzelne Gelehrte, wie Gren, Herausgeber des Journals der Physik in Halle, und Reil, Professor der Medicin ebendaselbst, waren nicht geneigt, aus Galvanis Versuchen physiologische Erklärungen abzuleiten. Da trat Alexander Volta, (geb. 1745 zu Como), Professor zu Pavia, mit der Behauptung auf, dass der Sitz der Elektricität nicht in dem Thiere selbst zu suchen sei, sondern dass die Metalle bei ihrer Berührung Elektricität entwickeln, indem das eine positiv, das andere negativ elektrisch wird, und dass der Ausgleich dieser Elektricitäten durch die Muskeln und Nerven des Frosches erfolge. Volta behauptete ferner, dass überall, wo zwei verschiedene Stoffe sich berühren, Elektricität entstehe. Diese Erklärung rief selbstverständlich ıen heftigen Kampf in der Gelehrtenwelt hervor. Volta suchte ıne Ansicht experimentell zu beweisen. Er wiederholte Galınis Versuche mit unermüdlicher Aufmerksamkeit und zeigte, ıss ein zum Gelingen der Versuche sehr wichtiger Umstand

bis dahin nicht berücksichtigt worden sei. Um nämlich eine auffallende Wirkung zu erzielen, ist es durchaus nöthig, dass die Leitungsdrähte, welche die Muskeln und Nerven verbinden, aus zwei verschiedenen Metallen bestehen. Sobald Volta bei den Versuchen statt der zwei Metalle Kupfer und Eisen nur eines nahm, blieben die Zuckungen entweder ganz aus oder traten nur unbedeutend auf.



Fig. 11. Alexander Volta.

Hierauf that er einen Schritt weiter und untersuchte, ob durch Berührung zweier verschiedener Metalle ohne die Froschschenkel Elektricität erregt werde. Dass dies wirklich der Fall sei, nachzuweisen, gelang ihm mit Hilfe seines von ihm bereits im Jahre 1782 erfundenen Condensators.[156]) Sein berühmt Fundamentalversuch fällt in das Jahr 1793. Durch Erfindu seiner Säule 1800 errang endlich Volta vollständig den Si über Galvani, obwohl dieser auch nicht ganz im Unrechte wa

wenn er die Nerven und Muskeln für Sitze der Elektricität erklärte; dies haben spätere Untersuchungen, besonders die von Du Bois Reymond angestellten, bewiesen.

Volta behauptete, gestützt auf seinen Fundamentalversuch, dass die Elektricität an der Berührungsfläche der beiden Metalle erregt werde und nannte sie deshalb Berührungselektricität. Um in dieser Hinsicht alle Zweifel zu beseitigen, hatte Volta die sinnreiche Idee, eine Doppelplatte zu verfertigen, indem er ein Stück Zink und ein Stück Kupfer zusammenlöthete. Mit dieser Platte zeigte er nun am Condensator, dass an der Stelle, wo sich Zink und Kupfer berühren, nach jahrelangem Contacte noch dieselbe Kraft thätig sei, wie im ersten Augenblicke der Berührung, dass demnach hier die Elektricität weder von einer Reibung, noch von einem Drucke der Metalle herrühren könne. Seine Ansicht wurde zu einer eigenen Theorie, der sogenannten Contacttheorie ausgebildet.

Die Contacttheorie, welche Volta der königlichen Societät zur Beförderung der Wissenschaften in London vorgelegt hatte, fand allgemeine Anerkennung. Das Schicksal ersparte dem Professor Galvani den vollständigen Sieg seines wissenschaftlichen Gegners zu erleben, denn er starb bereits im Jahre 1798.

Mittels der Volta'schen Säule wurden bald außerordentliche Wirkungen erzielt. Wir können hier nicht unerwähnt lassen, dass Latimer Clark in seinem Inaugural address to the Society of Telegraph Engineers, London 1875, S. 21, behauptet, dass Volta nicht der erste gewesen, welcher eine solche Säule zusammensetzte. Ehe wir die Versuche auf diesem Gebiete weiter verfolgen, wollen wir nur noch hervorheben, dass Volta bereits eine Spannungsreihe aufstellte, nach welcher immer das in derselben vorausgehende Metall in Berührung mit dem folgenden positiv, das folgende negativ elektrisch wird und zwar um so stärker, je weiter die Glieder in der Reihe von einander abstehen. Im Jahre 1800 stellte Volta auch einen Becherapparat zusammen, da er bemerkt hatte, dass bei der Säule durch das Gewicht der Platten die Flüssigkeit der Lappen herausgepresst wird, weshalb dieselbe an den Seiten herabfließt, dadurch die Elektricität durch Vereinigung neutralisiert und so die Säule bald

nach ihrem Aufbau schwächt. Er stellte also einzelne Becher auf, in welche er je eine Zink- und Kupferplatte brachte und immer das Kupfer des vorhergehenden mit dem Zink des folgenden Bechers verband. Wir haben an anderer Stelle erwähnt, dass Volta bereits im Jahre 1775 den Elektrophor erfunden hatte.[157])

Er gab auch eine Erklärung der Entstehung des Hagels, die sich aber nie einer allgemeinen Annahme erfreute. Beim Hagel kommt es vorzüglich darauf an, zu erklären, wie bei der Sommerhitze so große Eismengen entstehen können. Zu diesem Behufe nimmt Volta an, dass im Sommer die Wolken sehr hoch steigen und in sehr trockene Luftschichten kommen. Bescheint sie nun die Sonne, so entstehen an ihrer oberen Fläche Dünste, die in die Höhe steigen, aber dabei in kältere Luftschichten gelangen und dort wieder zu einer Wolke verdichtet werden, welche parallel über der unteren schwebt. Durch diese Verdunstung soll nun so viel Wärme gebunden werden, dass das Wasser in den unteren Schichten der tieferen Wolken gefriert. Da nun überdies durch Verdunstung die untere Wolke einen starken negativen, die obere einen positiven Zustand der Elektricität erhalte, so werden jene Eisklümpchen zwischen beiden Wolken hin- und hergeworfen, bis sie, da sie in die Wolken bis zu einer gewissen Tiefe eindringen und sich so mit neuen Eisschichten umgeben, endlich herabfallen, wenn sie zu schwer werden und die Wolken ihre Elektricität verlieren.

Volta wendete auch seine Aufmerksamkeit der Beobachtung schwacher Luftelektricität zu und benützte dabei das von ihm construierte Strohhalmelektrometer. Zur Messung stärkerer Elektricität verwendete er ein ähnlich construiertes Elektrometer, dessen Pendel statt aus Strohhalmen aus dünnen Holzstäbchen bestanden.[158]) Sein Verfahren war folgendes. Er hielt (Fig. 12.) in der einen Hand einen langen Holzstab empor, an welchem ein Glasstab aufgesetzt war; auf diesem Glasstabe war ein in eine Spitze auslaufender Stahldraht befestigt, auf dessen Ende *G* mit Hilfe von dünnem Eisendraht ein Schwefelfaden aufgebunden und ferner bei *E* ein dünner Metalldraht *H* befestigt war, welcher unten mit einer Schleife endete, in welche nun mit der anderen Hand eine kleine Leydenerflasche eingefügt wurde, zu welchem

Behufe das Messingstäbchen, welches durch den Hals der Flasche gehend, zur inneren Belegung führt, oben statt mit einer Kugel mit einem Haken versehen war, welcher in die erwähnte Schleife eingehängt wurde. Die Flamme des an seinem obersten Ende angezündeten Schwefelfadens wirkt ganz wie feine Spitzen, sie saugt die Luftelektricität gleichsam ein, welche dann durch den Draht *H* der kleinen Flasche zugeführt wird. Die Ladung der kleinen Flasche wurde dann an einem Strohhalm-Elektrometer geprüft. Es konnte übrigens auch statt der kleinen Flasche unmittelbar ein Strohhalm-Elektrometer in die Schleife des Drahtes *H* eingehängt werden, wenn das Messingstäbchen, an welchem die Strohhalme hiengen, oben hakenförmig gebogen war.



Fig. 12.

Volta fand die Luftelektricität bei heiterem Himmel stets positiv. Als Quelle der Luftelektricität betrachtete er die Verdunstung.

Eine Vervollkommnung des Elektrometers, auf welche Volta und Bennet 1787 gleichzeitig geriethen, ist die Verbindung des Condensators mit dem Elektrometer. [159])

Seine letzten Lebensjahre verlebte Volta in seiner Vaterstadt Como, wo er am 5. April 1827 im 82. Lebensjahre starb. Die dankbare Vaterstadt errichtete ihm ein Denkmal. [160])

So verschieden die Ansichten der beiden wissenschaftlichen Gegner Volta und Galvani bezüglich der neuen Entdeckung waren, so verschieden waren auch ihre Schicksale. Als Napoleon Bonaparte die cisalpinische Republik errichtet hatte, weigerte sich Galvani, derselben den Eid der Treue zu leisten. Infolge dessen wurde er von seinen amtlichen Geschäften entfernt und versank in Armut und Trübinn. Als man ihn später wieder in seine Professur einsetzen vollte, war es zu spät, er war ein gebrochener Greis geworden nd der Tod erlöste ihn von seinen Leiden.

Volta dagegen wurde von dem französischen Machthaber ach Paris berufen und daselbst mit Ehren und Besoldungen

überhäuft, denn Bonaparte hatte an den Untersuchungen des berühmten Naturforschers regen Antheil genommen.[161]) Er wurde zum Mitgliede des Institutes von Frankreich und Italien, zum Senator und endlich zum Conte erhoben.[162])

Die Elektrolyse.

§. 31. Die erste und wichtigste chemische Wirkung der Volta'schen Säule wurde zu Anfang dieses Jahrhundertes (30. April 1800) von Carlisle und Nicholson, zwei englischen Physikern, entdeckt. Sie geriethen nämlich auf die Vermuthung, dass der galvanische Strom, wenn er durch Wasser geleitet würde, in irgend einer Weise verändernd auf dasselbe einwirken müsse. Nicholson ließ daher den Strom durch eine mit Wasser gefüllte Röhre gehen, indem er die beiden Poldrähte in das Wasser tauchte und in einer geringen Entfernung von einander hielt. Auf diese Weise erhielt er am negativen Pol Wasserstoffbläschen, während der positive Poldraht, der aus Zink bestand, oxydiert erschien. Wurde der positive Poldraht aus Platin oder Silber genommen, so stieg Sauerstoffgas an demselben ebenfalls in Bläschen in die Höhe. Auf eine bequemere Weise wurde dies bald darauf durch den noch heute im Gebrauche stehenden Wasserzersetzungsapparat dargelegt. Dieser Versuch führte offenbar zu dem Schlusse, dass der galvanische Strom das Wasser in seine Elemente zerlegt habe. Cavendish hatte zwar schon gezeigt, dass Wasserstoff und Sauerstoff sich zu Wasser verbinden, aller Bemühungen ungeachtet war aber die directe Zersetzung des Wassers nicht gelungen.

Es musste bald auffallen, dass man bloß an den Poldrähten Gasentwicklung bemerkte, dass jedoch in der übrigen Wassermasse kein Gasstrom wahrgenommen werden konnte.

Grotthuß gab bereits 1805 für diese merkwürdige Erscheinung eine Erklärung, welche bis in die neuere Zeit von vielen Physikern angenommen wurde. Er nahm nämlich a-dass in jedem Wassermolekül der Wasserstoff positiv, der Saue stoff negativ elektrisch sei. In gewöhnlichem Zustande hätt die Moleküle alle denkbaren Lagen gegen einander und de

halb äußern sie nach außen keine Elektricität; der durchgehende Strom stelle die Moleküle (Fig. 13.) einander paralell *A* und ordne sie in Reihen, dann würden sämmtliche Moleküle gleichzeitig zersetzt; in den am positiven Pol befindlichen Wassertheilchen werde der negative Sauerstoff angezogen, der positive Wasserstoff abgestoßen und dieser verbinde sich sofort mit dem negativen Sauerstoff des nächstfolgenden Wassertheilchens u. s. f., während am negativen Pol das entgegengesetzte stattfinde, so dass allerdings sämmtliche Moleküle gleichzeitig zersetzt, aber nur der Sauerstoff des ersten und der Wasserstoff des letzten an den Elektroden ausgeschieden werde *B*. In der ganzen Wassermasse mit Ausnahme der nächsten Umgebung der Elektroden bleibe daher die chemische Zusammensetzung unverändert. Die neugebildeten Moleküle müssten sich dann wieder in die normale Lage *C* drehen, in welcher der Sauerstoff sich wieder dem positiven, und der Wasserstoff dem negativen Poldrahte zuwendet, sie würden nun neuerdings zersetzt und durch Austausch ihrer Bestandtheile wieder hergestellt u. s. w.



Fig. 13.

Diese Ansicht konnte nicht mehr aufrecht erhalten werden, sobald man entdeckte, dass reines Wasser durch den Strom nicht direct zersetzt wird und sie musste dahin abgeändert werden, dass das Wasser nur durch darin gelöste Salze oder Zusatz von Säuren leitend gemacht werde und daher erst durch secundäre Wirkung Wasserstoff und Sauerstoff ausgeschieden werde.

Man hat in neuerer Zeit mit Recht darauf hingewiesen, dass zum fortwährenden Drehen der Moleküle und zum Auseinanderreißen der entgegengesetzt elektrischen und darum sich stark anziehenden Atome eine gewisse Kraft nöthig sei, dass demnach die Elektrolyse nach dieser Theorie erst bei einer

gewissen Stromstärke eintreten könne, während sie doch derselben nach der Erfahrung proportional sei. Diese Schwierigkeit suchte nun Clausius im Jahre 1857 durch Aufstellung seiner Hypothese [163]) der molekularen Bewegungen zu beheben, indem er derselben die auch schon von Williamson ausgesprochene Ansicht über die Natur der Flüssigkeiten zugrunde legt. Nach derselben sind die zu einem Gesammtmoleküle gehörigen elektropositiven und elektronegativen Theilmoleküle, also die Jonen nicht fest mit einander verbunden, sondern nur mehr oder weniger locker an einander gelegt. Die Moleküle sind nie in Ruhe; dabei wird es nun häufig vorkommen, dass zwei Moleküle zu einander in eine solche Lage kommen, dass das positive Jon des einen von dem negativen Jon des anderen stärker angezogen wird, als von seinem eigenen. Die beiden Moleküle werden sich dann spalten und die beiden Jonen derselben, welche sich anziehen, werden sich zu einem neuen Moleküle vereinigen. Die abgeschiedenen Jonen können sich dann entweder mit einander verbinden oder getrennt in der Flüssigkeit weiter bewegen, bis sie auf andere Moleküle treffen, diese spalten und sich mit den betreffenden Jonen verbinden.

Sowohl die unzersetzten Moleküle, wie die freigewordenen Bestandtheile derselben sind in Bewegung nach allen Richtungen begriffen. So lange nun kein Strom geht, überwiegt keine dieser Richtungen, es vertheilen sich daher die Bestandtheile in durchaus gleichförmiger Weise durch die ganze Masse. Durch einen elektrischen Strom wird diese Bewegung der Jonen geregelt, in eine Richtung nämlich nach den Elektroden hin gezwungen, und zwar so, dass die positiven Jonen mit dem positiven Strom nach der Kathode hin, die negativen mit dem negativen Strom nach der Anode hin ihre molekulare Bewegung vollbringen. Die weiter von den Elektroden entfernten Jonen begegnen hierbei immer noch entgegengesetzt elektrischen Jonen, mit denen sie sich vereinigen können, während für die an die Elektroden gelangenden Jonen eine solche Begegnung nicht möglich ist und dieselben daher frei werden. [164]) Allerdings hat auch diese Theorie die Schwierigkeit, dass sie die Moleküle

des Elektrolyten, wenn auch nur kurze Zeit im verbundenen Zustande in der Lösung annehmen muss, während doch im Allgemeinen die Jonen nach ihrer Abscheidung sofort auf das Lösungswasser einwirken.

Offenbar musste die Frage auftreten, wodurch der bei der Elektrolyse vorausgesetzte elektrische Zustand der Moleküle bewirkt werde. Darüber sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, keine einzige ist aber imstande, eine ganz genügende Erklärung davon zu geben. Die einfachste Hypothese ist wohl die von Berzelius und Fechner, welche die Elektrisierung der zu einer Verbindung zusammentretenden Moleküle sich ebenso vorstellt, wie die Elektrisierung zweier sich berührender Körper. Es geht bei der Berührung des einen Moleküles mit dem anderen ein gewisses Quantum positiver Elektricität auf das eine und negativer auf das andere über, so dass der elektrische Zustand eines zusammengesetzten Moleküles zu vergleichen ist mit dem zweier zusammengelötheter Stückchen verschiedener Metalle. Dasjenige der Theilmoleküle, welches positiv wird, ist das Kation, dasjenige, welches negativ elektrisch wird, ist das Anion.

Humphry Davy.

§. 32. Die Thatsache der „Wasserzersetzung“ durch den galvanischen Strom war von großer Wichtigkeit für die Entwicklung der Chemie, denn man hoffte nun auch andere zusammengesetzte Körper durch den galvanischen Strom zerlegen zu können. Da trat ein Mann auf, dessen Bestimmung es war, sehr viel zur Förderung dieser Richtung beizutragen.

Humphry Davy wurde am 17. December 1778 zu Penzance in Cornwall geboren. Sein Vater war ein Xylograph. Nachdem er einen dürftigen Schulunterricht genossen, wurde er im Jahre 1795 zu einem Chirurgen, der zugleich Apotheker war, an seinem Geburtsorte in die Lehre gegeben, und hier suchte er sich mehr durch Privatstudien als durch fremden Unterricht in den Naturwissenschaften und modernen Sprachen auszubilden. Im Jahre 1798 finden wir ihn bereits in der Stel-

lung eines Chemikers in der „Pneumatic-Institution“ zu Bristol. Seine im Jahre 1799 in der Zeitschrift „Contributions to physical and medical knowledge“ erschienenen Abhandlungen über das Stickoxydul lenkten die Aufmerksamkeit des Publicums auf den zwanzigjährigen Gelehrten. Kaum zwei Jahre später wurde er nach London an die neuerrichtete Royal Institution of Great Britain als Professor der Chemie berufen, woselbst er eine Reihe scharfsinniger Untersuchungen und glänzender Entdeckungen zu Tage förderte. Im Jahre 1813 legte Davy seine Professur nieder und gieng auf Reisen. Während seines Aufenthaltes in Italien 1818—1820 beschäftigte er sich mit chemischen Untersuchungen der von den Alten gebrauchten Malerfarben. Nachdem er bereits 1811 in den Ritterstand erhoben und im folgenden Jahre zum Baronet ernannt worden war, erwählte ihn die k. Societät zu London zu ihrem Präsidenten, welche Stelle er aber sieben Jahre später aus Gesundheitsrücksichten niederlegte. Um sich wieder herzustellen, gieng er auf das Festland. Nachdem er sich während des Sommers 1828 in Laibach aufgehalten hatte, gieng er nach Rom, wo er tödtlich erkrankte. Auf seiner Rückreise starb er zu Genf am 30. Mai 1829.

Dieser merkwürdige Mann hatte bereits im September 1800 über die elektrochemische Zersetzung eine Abhandlung von Bristol nach London geschickt. [165]) Zwei Jahre später sprach er schon die Vermuthung aus, dass alle Zersetzungen polarisch seien, d. h., dass in allen Fällen chemischer Zersetzungen die Elemente sich gegen einander so verhalten, wie die positive und negative Elektricität. Diese Idee zu bestätigen, machte er sich zur Aufgabe seines Forschens.

Vor allem musste er der damals sehr verbreiteten Ansicht entgegentreten, dass die Elemente, die bei dem Volta'schen Apparate ins Spiel traten, nicht von Combinationen befreit, sondern vielmehr von denselben erst erzeugt werden. Er unternahm dies in seinem Memoir von 1806. Er zeigte, dass die Bestandtheile, die man als durch Elektricität erzeugt angenommen hatte, ihren Ursprung in den Unreinheiten des Wassers oder in der Auflösung des das Wasser enthaltenden Gefäßes

haben. Er entfernte daher vor allem diese vorläufigen Hindernisse und gieng dann in gerader Richtung und unverwandten Blickes seinem Ziele entgegen.[166])

Durch seine zahlreichen Versuche gelangte er zum Schlusse, dass alle durch Elektricität bewirkten Combinationen und Zersetzungen sich auf das Gesetz der elektrischen Attraction und Repulsion beziehen, und stellte die Hypothese auf, dass chemische und elektrische Attractionen durch dieselbe Ursache erzeugt werden, die in dem ersten Falle auf die Elemente, in dem anderen aber auf die ganzen Massen der Körper wirken.

Dieses Memorial wurde von dem kais. Institute von Frankreich gekrönt, obschon dieses Land damals mit England in einen Krieg verwickelt war. Napoleon hatte einen Preis von sechzigtausend Francs demjenigen zugesprochen, „der durch seine Versuche und Entdeckungen unsere Kenntnis der Elektricität und des Galvanismus eben so fördern würde, als Franklin und Volta gethan hat“ und nebstdem setzte er noch einen permanenten Preis von dreitausend Francs für denjenigen aus, „der in jedem Jahre das beste Experiment über das galvanische Fluidum gemacht haben wird“. Letzterer Preis wurde von dem k. Institute Davy zugesprochen.

Im Jahre 1807 fand Davy, dass die Alkalien und Erden deren zusammengesetzte Natur man wohl ahnte, aber nicht beweisen konnte, sich durch einen kräftigen galvanischen Strom in ihre Elemente zerlegen lassen und so wurde die Chemie um eine Reihe neuer Grundstoffe bereichert. Davy zerlegte das Ätzkali auf diese Weise in Wasserstoff, Sauerstoff und ein bis dahin unbekanntes Metall, welches er Kalium nannte. Unmittelbar nach Auffindung des Kaliums entdeckte Davy durch Zersetzung von Ätznatron mittels des galvanischen Stromes das Natrium. Er gebrauchte bei seinen Versuchen einen Trogapparat von 250 Platten.

Kaum waren die ersten Nachrichten über diese Entdeckung bekannt geworden, als man bereits an mehreren Orten mit Erfolg experimentierte,[167]) so Jacquin in Wien, Ermann und Simon in Berlin.

Nachdem die Alkalien als Metalloxyde erkannt waren, zweifelte man nicht mehr, dass auch die alkalischen Erden, Baryterde, Kalkerde, Bittererde u. s. w. Metalloxyde seien. Schon im Jahre 1808 erhielt Davy das Baryum, als metallisches Radical der Baryterde.

Dieser große Forscher[168]) legte demnach den Grundstein zur Aufstellung einer elektrochemischen Theorie, welche zum Ausgangspunkte für mehrfache spätere Forschungen geworden ist. Seinem berühmten Schüler Faraday gebührt das Verdienst, die in großen allgemeinen Zügen gegebene Darstellung in klare exacte Formen gebracht zu haben, doch dürfen wir auch nicht der Verdienste vergessen, welche sich der berühmte Chemiker Jacob Berzelius (geb. 1779 in Linköping in Ostgothland), Professor der Chemie in Stockholm, um die Entwicklung des elektrochemischen Systems erworben.

Michael Faraday.

§. 33. Michael Faraday, geboren in England zu Newington Bells 1791, war der Sohn eines unbemittelten Grobschmiedes. Bis in sein zweiundzwanzigstes Jahr arbeitete er in der Werkstäte eines Buchbinders, beschäftigte sich aber in freien Stunden und zur Nachtzeit eifrigst mit der Lectüre physikalischer und chemischer Werke. Der Zufall fügte es, dass der Secretär des Athenäums Sir Red Magrath den jungen Faraday in dem Arbeitszimmer seines Meisters bei dem Studium eines Werkes über Elektricität antraf. Erstaunt ließ er sich mit dem Gesellen in ein Gespräch über physikalische Erscheinungen ein, und von den vielseitigen Kenntnissen desselben überrascht, brachte er es dahin, dass der Buchbindergeselle Faraday eine Einlasskarte zu den Vorlesungen des berühmten Gelehrten Humphry Davy erhielt. Dieser erkannte bald die ungewöhnliche Begabung des neuen Schülers und im Jahre 1813 wurde Faraday bereits Assistent in der Royal Institution zu London. Ba darauf nahm ihn Davy mit sich als Begleiter auf eine groß wissenschaftliche Reise durch Frankreich, Italien und Deutscl land, wo Faraday die ersten Forscher seiner Zeit persönlic

kennen lernte. Nach dem im Jahre 1829 erfolgten Tode seines großen Lehrers wurde Faraday Director des Laboratoriums der Royal Institution in London. Seine zahlreichen, meist epochemachenden Arbeiten auf dem Gebiete der Physik und Chemie wurden in der Gelehrtenwelt auch durch Auszeichnungen anerkannt. Die Universität Oxford ernannte ihn zu ihrem Ehrendoctor. Schon zwei Jahre früher, ehe er das wichtige Gesetz der festen elektrolytischen Action aufstellte, hatte er die Elektro-Induction, den Extrastrom und die Magneto-Induction entdeckt (1831). Im Jahre 1838 entdeckte Faraday die Dielektricität von Nichtleitern, im Jahre 1845 den Diamagnetismus, 1847 die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes mittels Elektromagneten im Sinne des galvanischen Stromes. Diese und noch andere Entdeckungen des hervorragenden Forschers werden wir noch an den geeigneten Stellen besprechen. Als Gelehrter und Mensch hochverehrt starb Faraday im Jahre 1867.

Dieser geniale Forscher war gewiss berufen, Davy's Nachfolger in seinen Entdeckungen zu werden.[169]) Obwohl Faraday mathematischer Schlussweise fremd war, so erscheint seine Art der Naturbetrachtung doch so von mathematischem Geiste durchweht, dass viele seiner Anschauungsformen leicht in die mathematische Zeichensprache eingekleidet werden können.[170]) Viele seiner Vorgänger, unter diesen Davy selbst, hatten die elektrochemische Zersetzung auf die anziehenden Kräfte zurückgeführt, die von den Polen des Apparates ausgehen sollten, und glaubten sogar, die Stärke dieser Anziehung in verschiedenen Entfernungen von diesen Polen messen zu können. Aber Faraday zeigte in einer Reihe von instructiven Versuchen, dass diese Erscheinungen in keiner Weise der Anziehung jener Pole zugeschrieben werden können. Er sprach auch den Wunsch aus, dass der Ausdruck „Pole“ ganz fallen gelassen werden möge. Er nannte die elektrochemische Zersetzung „Elektrolyse“ und führte die Nomenclatur ein: „Elektroden, Anode, Kathode, Anion, Kation.“[171])

Die Identität der elektrischen und chemischen Kräfte, welche Davy vermuthet und die Berzelius als Grundlage der Chemie angenommen hatte, musste vor allem durch genaue Messungen

nachgewiesen werden. Das von ihm zum Zwecke einer bestimmten Messung des Betrages der elektrolytischen Wirkung erfundene Instrument nannte er Voltaelektrometer.

Es handelte sich um die Beantwortung der zwei Fragen: 1. Wie verhalten sich die Mengen der zersetzten Substanzen zu der Stärke des Stromes? — 2. Wie verhalten sich diese Mengen zu einander, wenn man einen und denselben Strom nach einander durch verschiedene Elektrolyte führt?

Diese zwei Fragen beantwortete Faraday 1833 durch die Aufstellung seines Gesetzes der festen elektrolytischen Action, welches das Grundgesetz der ganzen Elektrochemie bildet: „Die Elektrolyse eines und desselben Stoffes ist der Stromstärke proportional; die Elektrolyse verschiedener Stoffe durch denselben Strom geschieht im Verhältnisse der Atomgewichte."

Dieses elektrolytische Gesetz wurde von Faraday aufgefunden, indem er in einen und denselben Stromkreis ein Voltameter und eine Zersetzungszelle einschaltete und dann die Menge der entstandenen Jonen mit der des entstandenen Knallgases verglich. Bei gleichen Knallgasmengen waren immer Mengen der Jonen entstanden, die im Verhältnisse der Atomgewichte zu einander und zu dem Knallgase standen. Faraday glaubte ursprünglich sein Gesetz auf binäre Verbindungen d. h. solche, welche aus einem Atom eines Elementes und einem Atom eines zweiten zusammengesetzt sind, beschränken zu müssen, doch zeigte es sich bald, dass eine solche Beschränkung nicht nöthig sei.

Für gelöste Salze wurde das Gesetz seitdem von Daniell, Buff u. a. nachgewiesen.

Die Auffindung des elektrolytischen Gesetzes war ein großer Schritt in der Entwicklung der Chemie.

Streit der chemischen Theorie und der Contacttheorie.

§. 34. Die Arbeiten Davy's und Faraday's hatten merkwürdige Beziehungen zwischen den elektrischen und chemischen Kräften aufgefunden und zur Aufstellung der chemischen Theorie geführt, welche den elektrischen Strom als das Product chemi-

scher Processe ansieht. Bei Berührung von Metallen mit Flüssigkeiten seien dieselben leicht wahrnehmbar, bei Berührung von Metallen unter sich entständen die chemischen Processe, wie de la Rive behauptete, durch Wasser- und Lufthäute, mit welchen alle metallischen Flächen stets umhüllt sind. So entspann sich ein Streit der chemischen Theorie und der Contacttheorie, welcher zu Ende der Dreißiger und zu Anfang der Vierziger Jahre besonders heftig geführt wurde. Die chemische Theorie wurde von de la Rive, Becquerel, Faraday und den meisten französischen und englischen Physikern vertreten. Zur Volta'schen Contacttheorie bekannte sich eine große Zahl von Physikern, insbesonders die deutschen Physiker Fechner, Poggendorff, Pfaff, Ohm, Kohlrausch, Helmholtz. Letzterer, gestützt auf die Symmer'sche Hypothese, dass jeder unelektrische Körper gleiche Mengen positiver und negativer Elektricität enthalte, nahm um die Mitte unseres Jahrhundertes auch an, dass den verschiedenen Metallen verschiedene Anziehungskräfte für die Elektricitäten innewohnen.

Nach der ältesten, von Volta aufgestellten Contacttheorie war die Berührung verschiedenartiger Metalle die einzige Quelle der Elektricität der Volta'schen Säule. Er sagt, dass die Berührung zweier Metalle genüge, die entgegengesetzten Elektricitäten in den Körpern zu trennen, gerade so wie das Reiben gewisser Körper. Volta übersah ganz den Einfluss der Flüssigkeiten in der Kette, welche diese auf Erzeugung des Stromes ausüben, er übersah ganz die chemischen Erscheinungen und betrachtete die Flüssigkeiten einfach nur als Leiter.

Nach dieser Ansicht könnte also ein Stück Zink und ein Stück Kupfer allein durch Berührung auf beliebig lange Zeit zu einer Elektricitätsquelle werden, so oft man auch die freie Elektricität des Zinks und Kupfers ableiten würde, immer müsste sich dieselbe ersetzen, ohne dass dazu etwas verbraucht —ürde. Diese Ansicht ist nun im unlösbaren Widerspruche mit m Gesetze der Erhaltung der Kraft, nach welchem eine raft unmöglich aus nichts erzeugt werden kann, und eine lche Erzeugung aus nichts wäre die Ableitung der starken raft des elektrischen Stromes aus der Berührung, bei welcher

die Arbeit Null beträgt. Diese ursprünglich von Volta behauptete Contacttheorie konnte nicht mehr genügen, sobald man, vorzüglich durch Wollaston[172]) erfuhr, dass die Wirkung der Säule stets mit Oxydation oder anderen chemischen Veränderungen unzertrennlich verbunden sei.

Diese Theorie musste demnach also entweder berichtigt und erweitert werden, um auch die neu entdeckten Thatsachen zu umfassen, oder man musste sie ganz verlassen, um eine neue Hypothese aufstellen. Beide Wege sind von hervorragenden Physikern eingeschlagen worden.

Becquerel (1824), Pfaff (1840), Buff (1842) und andere Forscher fanden, dass Metalle in Berührung mit Flüssigkeiten meistens negativ, diese aber positiv elektrisch werden; doch ist auch die entgegengesetzte Ladung nicht selten. Man hatte demnach eine zweite Quelle der Berührungselektricität aufgefunden. Da die Ströme der zwei Quellen dieselben Richtungen haben, so verstärken sie sich. Doch auch hier steht man vor dem Widerspruche mit dem Gesetze der Erhaltung der Kraft, wenn nicht nachgewiesen werden kann, dass keine Flüssigkeit den Strom leitet, ohne dabei eine chemische Wirkung zu üben oder zu erleiden. Mit dem Streite zwischen beiden Theorien hängt demnach eine andere Streitfrage zusammen, nämlich, ob es möglich ist, dass eine Flüssigkeit ohne chemische Wirkung den Strom leite.

Während die Contacttheorie den Strom als die Ursache der chemischen Vorgänge betrachtet, sind nach der chemischen Theorie umgekehrt die chemischen Vorgänge Ursache des Stromes. Diese Meinung, dass die Elektricitätsentwicklung nur die Folge vorhergegangener chemischer Wirkung sei, ist es vorzüglich, gegen welche die Angriffe der Contactisten gerichtet waren. Sie machten geltend, dass man eine große Anzahl galvanischer Ketten construieren könne, bei denen vor der Schließung auch nicht eine Spur chemischer Zersetzung stattfindet und die dennoch einen Strom liefern, wenn sie geschlossen werden. Schönbein hat mehrere solche Ketten angeführt.[173])
Ferner machten sie den Einwurf gegen die chemische Theorie dass die elektromotorische Kraft einer Kette durchaus nicht der Stärke des chemischen Angriffes proportional sei.[174])

Endlich machten sie geltend, dass die chemische Theorie den Volta'schen Fundamentalversuch ganz ingnoriere, de la Rive's Erklärung sei nicht stichhältig, denn dann dürften heterogene Metalle im Vacuo bei der Berührung keine Elektricität entwickeln. Übrigens wurden gegen de la Rive's Erklärungsweise noch manche andere Schwierigkeiten erhoben.

Da trat Schönbein 1844 mit einer Vermittlungstheorie auf, welche bis in die neueste Zeit die meisten Anhänger in Deutschland gezählt hat. Er suchte nämlich in dem Streite der Contactisten und Chemisten eine Verständigung zwischen beiden Parteien anzubahnen. Schönbein verlegt den Ort der Elektricitätserregung von der Berührungsstelle der Metalle an die Berührungsstelle zwischen Metall und Flüssigkeit. Die Ursache der elektromotorischen Kraft ist nach ihm die ungleiche chemische Affinität der Elemente der Flüssigkeit zu den beiden Metallen. Schönbeins Theorie ist aber nicht imstande, den Volta'schen Fundamentalversuch zu erklären.[175]) Endlich haben wir hier noch die neuere chemische Theorie von Fr. Exner in Wien anzuführen. Dieser erklärt[176]) den Volta'schen Fundamentalversuch ohne Annahme einer Contactwirkung, indem er denselben auf einfache Influenzwirkung zurückzuführen sucht, hervorgerufen durch die festanhaftende positive Elektricität der Oxydschichte, welche alle oxydierbaren Metalle an der Luft in kürzester Zeit überzieht,[177]) wodurch der Versuch gerade so verläuft, als hätten wir bei zwei Messingplatten, die gefirnißt sind, einer derselben früher aus einer Quelle Elektricität mitgetheilt.

Der Ursprung der elektromotorischen Kraft ist sowohl beim Volta'schen Fundamentalversuch, als auch in den nassen Ketten in einem gleichzeitigen oder vorausgegangenen Aufwande von chemischer Energie zu suchen, und der Sitz dieser Kraft ist an jener Stelle, wo sich die chemischen Vorgänge abspielen.[178])

Anwendungen der Elektrolyse.

§. 35. Nachdem de la Rive in Genf bereits im September 1836 d[ie] Wahrnehmung gemacht hatte,[179]) dass der metallische N[i]ederschlag auf der Kupferplatte eines Daniell'schen Elementes

eine dichte zusammenhängende Masse bilde, welche sich von der Kupferplatte ablösen lasse und dann einen mikroskopisch genauen Abdruck dieser Platte darstelle, doch so, dass alle Vertiefungen derselben auf dem Abdrucke als Erhöhungen und alle Erhöhungen als Vertiefungen erscheinen, so kamen Jacobi, ein deutscher Professor in Petersburg, und Spencer in England im Jahre 1838, wie es scheint, fast gleichzeitig auf den Gedanken, dies praktisch nutzbar zu machen, was denn auch den entschiedensten Erfolg hatte. Jacobi zeigte nämlich im October dieses Jahres der Petersburger Akademie an, dass es ihm gelungen sei, Kupferplatten herzustellen, welche einen genauen Abdruck einer vertieft in eine andere Platte gravierten Zeichnung bildeten. Er nannte diese Methode, mittels elektrolytisch niedergeschlagenen Kupfers den Abdruck einer beliebigen leitenden Form darzustellen „Galvanoplastik,“ ein Name, welcher allgemein angenommen wurde.

Jacobi suchte gravierte Kupferplatten, Münzen, Medaillen, Basreliefs u. s. w. dadurch zu copieren, dass er dieselben als negativen Pol in die Daniell'sche Kette einsetzte. Bereits im Jahre 1840 erschien von Jacobi in Petersburg eine eigene Schrift unter dem Titel: „Die Galvanoplastik“, nachdem er schon früher in einem Briefe an Faraday, datiert vom 12. October 1839, der im Athenäum veröffentlicht wurde, die galvanoplastische Verfahrungsweise beschrieben und zugleich auf die industrielle Verwertung derselben hingewiesen hatte.

Aber auch Spencer hatte die Sache sogleich nach allen Richtungen verfolgt. So formte er gestochene Kupferplatten galvanisch ab, oder presste sie in Blei ab, um sie als Modell für weitere galvanoplastische Abzüge zu gebrauchen. Auch benutzte er Formen aus Gips oder Thon, die er mit einem Metallpulver leitend machte.

Beide Erfinder machten auch sehr bald die Erfahrung, dass sich das Kupfer pulverig ausscheide, wenn der Strom zu stark wird, daher Jacobi zur Beurtheilung der Stromstärke eine Boussole einschaltete.

Die Galvanoplastik wurde verbessert von Becquerel, Elsner, Smee, Ruolz, Elkington, Braun u. v. A. Den

größten Aufschwung nahm jedoch die Galvanoplastik, seitdem in neuester Zeit magnetelektrische und dynamoelektrische Apparate bei derselben angewendet werden, da dieselben reinlicher und bequemer sind, die elektrische Energie billiger liefern, als die galvanischen Elemente und, was besonders wichtig ist, einen durchaus constanten und gleichmäßigen Strom erzeugen.

Wir können hier nicht unerwähnt lassen, dass man versucht hat, die Ausübung einer der Galvanoplastik ähnlichen Kunst schon den alten Ägyptern zuzuschreiben. Man fand nämlich in den Grabmälern von Theben und Memphis verschiedene Gegenstände, die mit einer ungemein feinen Kupferschichte überzogen waren, welche vollkommen einem galvanischen Niederschlage glich. Solche Objecte mochten Jahrtausende in jenen Gräbern geruht haben. Viele derselben kamen durch die Expedition Napoleons I. nach Paris, darunter lebensgroße Hohlfiguren von äußerst dünnem Kupfer, Thongefäße, hölzerne Lanzenspitzen und Schwerter mit einem Kupferüberzuge, welcher auch bei der genauesten mikroskopischen Untersuchung weder den Schlag eines Hammers, noch den Strich einer Feile, noch eine Löthung verrieth, der vielmehr ein ähnliches Ansehen zu bieten schien, wie die galvanischen Niederschläge.

Dennoch können wir nicht der Ansicht des Physikers Karl Koppe beistimmen, der sich über diesen Gegenstand folgendermaßen äußert: [180]) „Ein genauer Vergleich der fraglichen Alterthümer mit den Erzeugnissen der neuesten Industrie hat den Beweis geliefert, dass jene nur auf galvanoplastischem Wege erzeugt sein können, und dass die alten Ägypter mit den galvanoplastischen Operationen sehr vertraut gewesen sein müssen. Und in der That verhält es sich damit, wie mit dem Ei des Columbus; die Galvanoplastik beruht auf Thatsachen und Erfahrungen, die längst bekannt waren, ehe dieselben richtig ;ewürdigt wurden, und ehe die Einsicht in das Wesen der Elekricität so weit vorgeschritten war, um dieselben zu verstehen. 's ist längst bekannt, dass ein eiserner Gegenstand in einer .upfervitriollösung sich sogleich mit metallischem Kupfer überıeht, und ist dieses Verhalten längst zur Gewinnung des soge-

nannten Cementkupfers in Anwendung gewesen. Derartige zufällige Wahrnehmungen mochten es sein, welche den mit Vorliebe die Naturgesetze beobachtenden Ägyptern einen Fingerzeig gaben, einen Weg einzuschlagen, auf welchem ihre Industrie sodann weitere Fortschritte machte, ohne dass eine klare Erkenntnis des ursächlichen Zusammenhanges der beobachteten Thatsachen nothwendig hätte vorhanden sein müssen. Die neuere Galvanoplastik dagegen ist aus der wissenschaftlichen Erkenntnis erwachsen."

§. 36. Da man bald beobachtet hatte, dass sich häufig an Poldrähten, welche in Metallösungen tauchen, bei Schließung des Stromes die Metalle in compactem Zustande niederschlugen und fest an den Drähten hafteten, so gerieth man auf den Gedanken, dieses Verfahren zu wirklichen Überzügen anderer Metalle zu verwenden. Das Verdienst, die Vergoldung mittels des galvanischen Stromes zuerst angeregt zu haben, gebührt de la Rive, welcher sein allerdings noch unvollkommenes Verfahren im Jahre 1840 veröffentlichte.[181])

Die älteste, schon den Ägyptern und Hebräern[182]) bekannte Methode der Vergoldung bestand darin, dass man auf den blank geputzten und polierten Gegenstand Blattgold auflegte und dies mit einem glatt geschliffenen Polierstahl oder Achat aufdrückte und polierte. Offenbar mussten nach und nach sehr viele Goldblättchen nacheinander auf diese Weise aufgetragen werden, um eine einigermaßen dauerhafte Vergoldung zu erreichen. Die Vergoldung war überhaupt schon den Völkern der ältesten Zeiten bekannt. An uralten chinesischen und japanischen Götzenbildern lässt sich noch jetzt erkennen, dass sie entweder ganz oder nur zum Theile vergoldet waren.

Im ersten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung kam die Feuervergoldung auf, bei welcher der zu vergoldende Gegenstand mit Goldamalgam überstrichen und dann einer mäßigen Glühhitze ausgesetzt wird, in welcher das Quecksilber sich verflüchtigt, so dass das Gold in einer zusammenhängenden Schichte auf der Oberfläche des Gegenstandes zurückbleibt.

Die endlich von de la Rive angeregte galvanische Vergoldung war von geringer Haltbarkeit und hatte kein schönes

Aussehen. Er wendete als Vergoldungsflüssigkeit eine Lösung von Chlorgold an. Übrigens hat er dabei keinerlei Maßbestimmungen, weder über Stromstärke, noch über das Gewicht des abgesetzten Goldes gemacht.

Praktisch wurde das Vergolden erst, nachdem die Cyanverbindungen eingeführt wurden. Elkington gebrauchte in seiner Fabrik in Birmingham beim galvanischen Vergolden eine Auflösung von Kaliumgoldcyanür und lieferte bereits bessere Resultate. Auch hat Elkington schon ein Jahr nach den ersten Mittheilungen Jakobi's die galvanische Versilberung eingeführt. Die früheren Methoden der Versilberung waren ebenso schwierig und unvollkommen, wie bei der Vergoldung. Früher wurden auf den zu versilbernden Gegenständen Silberblättchen aufgetragen und mit dem Polierstahl festgedrückt; später wendete man plattiertes Kupferblech an, indem man auf ein dickes Kupferblech ein dünnes Silberblech legte und beide dadurch vereinigte, dass man sie zusammen unter starkem Drucke zwischen polierten Stahlwalzen gehen ließ, bis der Silberüberzug die gewünschte Dicke hatte. Aus diesem Blech wurden dann die einzelnen Theile eines Gegenstandes erzeugt und durch Löthung vereinigt.

§. 37. Die erste Anregung zur Gewinnung von Reinmetallen aus Erzen und Lösungen (Elektrometallurgie) wurde im Jahre 1835 von Becquerel gegeben.[183]) Im Jahre 1838 hatte er bereits ein neues Verfahren in Vorschlag gebracht, welches aber seit 1840 in Europa keine praktische Anwendung mehr gefunden. In Kalifornien wurde es seit 1868 angewendet. Im Jahre 1867 veröffentlichte Patera eine Methode der Cementation von Kupfer aus den Schmöllnitzer Cementwässern. Elkington (1870) will[184]) aus Kupfersteinen das Kupfer elektrolytisch auf andere Platten niederschlagen, während die fremden Metalle zu Boden fallen. In neuester Zeit hat sich die berühmte Firma Siemens und Halske in Berlin ganz speciell mit der hüttenmännischen Gewinnung von Kupfer beschäftigt, und dieselbe auch schon auf verschiedenen größeren Etablissements eingeführt.

Wir erwähnen hier nur noch die von Professor Kobell in München 1840 erfundene Galvanographie, ein Verfahren,

um in Tuschmanier gemalte Bilder durch Galvanoplastik zu vervielfältigen [185]), und das Ätzen durch Galvanismus, welches Verfahren zuerst von Spencer angewendet wurde, der im August 1841 ein Patent darauf nahm.

Die ersten Versuche über Galvanochromie, nämlich die galvanische Erzeugung von Farbenringen, welche heutzutage zur Verzierung von mancherlei Metallwaaren angewendet werden, gehen zum Theile bis zum Jahre 1826 zurück. **Nobili**, zuerst Artilleriecapitän, später Professor der Physik zu Florenz, welcher erst mit seinem 40. Lebensjahre anfieng, sich mit elektrischen Untersuchungen zu beschäftigen, hat in demselben Jahre die nach ihm benannten Farbenringe auf diesem Wege dargestellt. [186])

Geschichte der galvanischen Ketten.

§. 37. Volta hatte noch manche Veränderung seiner Säule und seines Becherapparates erlebt. Cruikshank setzte an Stelle der grösseren Becherzahl einen einzigen Trog mit Seitenfugen, in welche je eine Doppelplatte eingesetzt wurde und erfand so (1802) den Trogapparat, welchen Wollaston (1815) dadurch verbesserte, dass er alle Platten an einem gemeinschaftlichen Holzrahmen befestigte und sie zusammen in einen Trog einsetzte. Hare (1821) wickelte zwei durch Tuchstreifen vor metallischer Berührung bewahrte Bleche von Zink und Kupfer um einen Holzcylinder, der mittels eines Trägers in ein passendes Flüssigkeitsgefäß eingesetzt wurde. Behrens construierte im Jahre 1804 aus Flintensteinen, die einerseits mit Zink, anderseits mit Kupfer überzogen waren, und Zamboni 1812 aus unechtem Gold- und Silberpapier trockene Säulen, welche ersterer zu einem Säulenelektrometer benüzte (1805), das dann durch Bohnenberger 1819 und später durch Fechner 1829 verbessert wurde. Auch wurden noch andere trockene Säulen zusammengestellt. Jäger setzte Säulen zusammen aus Glasscheiben, deren entgegengesetzte Seiten mit Kupfer und Zink belegt waren. Bohnenberger construierte eine Säule aus Scheiben von gewalztem Zink und Kupfer; zum Zwischenkörper nahm er sogenanntes Seidenpapier, welches

mit Leinöl getränkt und in der Hitze getrocknet war. Biot machte Säulen aus Kupfer und Zink mit dazwischen gelegten Scheiben aus geschmolzenem Salpeter; Deluc aus Goldpapier und verzinntem Eisenbleche, Ritter aus Zink, Kupfer und trockenem Schafleder, Kämtz aus vielen organischen Stoffen, aus Zucker [187]) und Hefe, Wachs und Leinöl, Gummi und Salep etc.

Bereits im Jahre 1802 hatte Gautherot die Entdeckung der galvanischen Polarisation gemacht, nämlich beobachtet, dass, wenn die Platinplättchen eines Wasserzersetzungs-Apparates bald, nachdem sie das Wasser zersetzt haben, mittels eines Drahtes verbunden werden, durch diesen ein elektrischer Strom fließt, welcher die entgegengesetzte Richtung von jenem hat, der früher durch die Platten von der Batterie ausgieng. Schon im folgenden Jahre 1803 erhielt Ritter mittels seiner Ladungssäule einen starken Polarisationsstrom, indem er zuerst durch eine Reihe von Voltametern den Strom einer kräftigen galvanischen Batterie leitete, hierauf den erregenden Strom unterbrach und dann die Poldrähte der Ladungssäule verband.

Diese wissenschaftlichen Thatsachen warfen nun ein Licht auf die Vorgänge, welche in einem Volta'schen Elemente und einer Volta'schen Säule stattfinden, infolge deren die elektromotorische Kraft in diesen Apparaten schnell abnimmt und endlich fast ganz aufhört. Man suchte die Erklärung dieser Erscheinung bis in die neueste Zeit darin, dass durch die Berührung der Metalle mit den durch den Batteriestrom an ihnen ausgeschiedenen Zersetzungsproducten eine der ursprünglichen elektromotorischen Kraft entgegengesetzt gerichtete auftrete, welche immer stärker anwächst, bis sie die ursprüngliche aufgehoben hat. In neuester Zeit hat Fr. Exner diese Erklärung durch bloßen Contact, durch eine andere mittels chemischer Einwirkung ersetzt. Nach Exners Theorie suchen sich die durch den elektrischen Strom innerhalb der Kette ausgeschiedenen Bestandtheile wieder zu vereinigen, also die entgegengesetzte Reaction zu derjenigen hervorzubringen, durch welche der Strom erzeugt wurde. Die Folge dieser entgegengesetzten Reaction ist daher auch ein entgegengesetzter Strom, der den ursprünglichen theilweise oder ganz compensiert.

Nach der Entdeckung des Polarisationsstromes musste es sich also nach der Contacttheorie vorzüglich darum handeln, bei den Volta'schen Ketten das Ansetzen des Wasserstoffes an dem Kupfer zu verhindern. Zu diesem Behufe hat man manche Mittel angewendet, welche theils auf mechanischem, theils auf chemischem Wege das Anlegen des Wasserstoffes an dem negativen Metall hintanhalten sollten, indess wurde hiedurch die Wirkungsabnahme der Kette meist nur etwas verzögert, nicht aber verhindert. Schon im Jahre 1829 hatte Becquerel einen glücklichen Versuch gemacht, wodurch die chemische Wirkung in der Stromquelle vermindert wurde. Der Erste aber, welcher diese Schwächung der Kette vollständig verhinderte, war der Engländer Daniell, welcher die erste constante Kette im Jahre 1836 zusammenstellte. Daniel schloss, dass, wenn die Kupferplatte sich in einer sehr sauerstoffreichen Flüssigkeit befände, der an der Kupferplatte sich ansammelnde Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff dieser Flüssigkeit zu Wasser verbinden und so die Kupferplatte metallisch rein bleiben würde. Als solche Flüssigkeit zeigte sich eine gesättigte Kupfervitriollösung. Damit war aber seine Aufgabe noch nicht gelöst. Es musste nämlich das angesäuerte Wasser beim Zink von der Kupfervitriollösung beim Kupfer getrennt erhalten werden, ohne dass dem Stromdurchgange ein wesentliches Hindernis bereitet wurde. Zu diesem Zwecke wendete Daniell zuerst eine Ochsengurgel, später ein Gefäß aus porösem Porcellanthon an.

Nach der Contacttheorie bestände also das Wesen der constanten Ketten darin, dass eine Gasablagerung an der negativen Polplatte verhindert würde, damit nicht durch den Contact des Gases mit den Metallplatten ein Gegenstrom entstehe. Diese Erklärungsweise ist nach Exners Theorie nicht mehr zutreffend; nach derselben müssen die durch den Strom abgeschiedenen Bestandtheile durch andere chemische Vorgänge gehindert werden, sich wieder zu vereinigen.

Die Form der Daniell'schen Kette ist im Laufe der Zeit mehrfach geändert worden, um die durch die Thonzellen stets eintretende Mischung der Flüssigkeiten möglichst zu verlang-

samen. Derartige Modificationen sind von Buff, Siemens und besonders von Meidinger angegeben worden.

Im Jahre 1839 construirte Grove eine bedeutend kräftigere und ebenso constante Kette als die Daniell'sche. Von den übrigen bekannteren Ketten entstand die Smee'sche Kette 1840, die Bunsen'sche 1842, die Satori'sche 1854 und die von Leclanché 1868, die neuere Satori'sche 1871. Eine constante Kette mit nur einer Flüssigkeit wurde in neuester Zeit fast gleichzeitig von Pincus, von Warren de la Rue und Hugo Müller construiert.

Die Entdeckung des Polarisationsstromes hatte auch Ladungssäulen hervorgerufen. Später führte die nähere Erkenntnis desselben zu den Gasbatterien, welche sich von den Ladungssäulen nur dadurch unterscheiden, dass ihnen die Gase von außen zugeführt werden. So entstand Grove's Gasbatterie 1830, die Polarisations-Batterie von Poggendorff 1844 und die sehr kräftige Polarisations-Batterie von Thomson 1864 mit nur einem erregenden Elemente.

Während man sich früher auf verschiedene Weise bemühte, den Polarisationsstrom zu beseitigen, begann man später gerade das Gegentheil zu erstreben, nämlich den secundären Strom soviel als möglich auszunützen. Das erste zu praktischer Verwendung benutzbare Secundär-Element wurde von dem französischen Physiker Gaston Planté im Jahre 1859 angefertigt. Er wendete bekanntlich Bleiplatten an. Planté überzeugte sich bald bei seinen Versuchen, dass es nicht genüge, ein Secundär-Element auf einmal zu laden, weil dann der Polarisationsstrom von sehr geringer Dauer ist und rasch abnimmt. Er versuchte das Element durch eine Reihe von Tagen, sogar Wochen zu laden und zu entladen, wodurch der Sauerstoff genöthigt wird, ganz in die Anode einzudringen.

Ist ein solches Element geladen, so gibt es einige Zeit hindurch, sobald man die Platten durch einen Leitungsdraht erbindet, einen elektrischen Strom. Eine gewisse Elektriitätsmenge ist demnach in Form von chemischer Veränerung in dem Elemente „aufgespeichert", und kann nach Belieben nach einiger Zeit wieder aus demselben gewonnen

werden. Man nennt deshalb ein solches Element einen Accumulator.

In neuerer Zeit werden die elektrischen Ströme, mit denen man Accumulatoren ladet, Dynamomaschinen entnommen und wurde berechnet, dass man von der in Accumulatoren für einige Tage aufgespeicherten Arbeit 60 Procente wieder gewinnen könne.

Jedenfalls ist die umständliche Formierung eines Planté'schen Elementes, bevor es gebraucht werden kann, ein großer Übelstand. Die erste Anregung zu einer durchgreifenden Vervollkommnung des Planté-Elementes gab Faure. Er überzog die beiden Bleiplatten direct mechanisch mit Mennige, welche nichts anderes ist, als eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleihyperoxyd. Die Mennige wird nämlich mit verdünnter Schwefelsäure unter Zusatz von etwas Stärke zu einem dicken Brei angerührt und auf die Bleiplatten aufgetragen. Dann kann die secundäre Batterie mit Umgehung der langwierigen Formierung sogleich geladen werden, wobei auf der positiven Elektrode die Mennige vollständig in Bleihyperoxyd, dagegen auf der negativen durch den Wasserstoff in reines Blei verwandelt wird.

Verschiedene Abänderungen der Accumulatoren wurden getroffen von Kabath, Tommasi, Sellon-Volkmar, Jablochkoff u. a.

Physiologische Wirkungen des galvanischen Stromes.

§. 38. In Italien, wo sich Volta's Theorie zuerst Boden errungen hatte, kam man auf den Gedanken, Versuche darüber anzustellen, ob die „Lebenskraft" kurze Zeit nach dem Tode durch einen zweckmäßig geleiteten physikalischen Process wieder in Thätigkeit gesetzt werden könne. Man experimentierte nämlich mit den Körpern dreier in Turin hingerichteter Verbrecher kurze Zeit nach deren Tode, indem man die Pole der Volta'schen Säule am Rückenmark und am Herzen ansetzte und den Strom in Wirksamkeit treten ließ. Ähnliche Versuche wurden von Mainzer Ärzten im Jahre 1803 angestellt. Die Muskelzusammenziehungen, welche der Strom hervorrief, waren

denen ähnlich, die sich während des Lebens zeigen. Die stärksten Zusammenziehungen wurden bei den Muskeln des Gesichtes, der Brust, der Glieder und des Zwerchfelles beobachtet. Dies veranlasste zahlreiche Versuche über die medicinische Wirksamkeit galvanischer Ströme bei Nervenleiden, Gicht, Rheumatismus, Gliederlähmung u. s. w. Man leitete die Ströme mittels metallischer Armaturen durch die leidenden Organe und vermehrte allmählich die Zahl der Plattenpaare, um die Wirkungen zu steigern.

Wie sehr man sich mit solchen Versuchen beschäftigte, beweisen zahlreiche, wenige Jahre nach Entdeckung des Galvanismus erschienene Schriften.[188]) So erschien bereits 1803 in Leipzig ein Werk von Dr. Franz Heinrich Martens, welches den Titel führt: „Beantwortung der Frage: Was hat der Galvanismus bisher als Heilmittel geleistet, wie ist er in Krankheiten anzuwenden und in welchen Krankheiten hat man sich vorzüglich Nutzen von demselben zu versprechen?“

Man muss gestehen, dass durch längere Zeit ein blinder Glaube an die Wunderkraft des Galvanismus herrschte, welcher alle möglichen Krankheiten zu heilen imstande sei. Derselbe herrschte noch vor einigen Decennien. Ein Herr Goldberger aus einem österreichischen Grenzstädtchen hatte Hunderttausende damit gewonnen, indem er einige Zoll lange Stückchen Zinkdraht und Kupferdraht zu einer Kette verflocht, die beiden Enden durch ein mit Salz gefülltes Glasröhrchen schloss und diese unwirksame Vorrichtung an die Gläubigen für $1^1/_2$ bis 3 Thaler verkaufte. Später gebrauchte man häufig die Pulvermacher'sche Kette, die aus kleinen Holzstöckchen gebildet war, über welche Kupfer- und Zinkdrähte gewunden waren, ohne sich zu berühren. Wird das Ganze in angesäuertes Wasser gelegt, so wird das Holz damit getränkt und es entsteht eine Reihe von kleinen galvanischen Elementen.

Eine ganz neue Richtung hat die Elektrotherapie durch 'araday's Entdeckung der Inductionselektricität erhalten. Man egann nun verschiedene Inductions- und Rotationsapparate zu 'erwenden. In neuester Zeit wurden die sogenannten hydrolektrischen Bäder (nicht zu verwechseln mit den Luft-

bädern der statischen Elektricität) in der Heilkunde eingeführt.[189]) Bei denselben wird der Patient in eine mit angesäuertem Wasser von geeigneter Temperatur gefüllte Badewanne gebracht; dabei hält er die eine Hand außerhalb der Badewanne in ein ebenfalls mit angesäuertem Wasser gefülltes Gefäß. Die eine Elektrode wird in das Wasser der Wanne, die andere in das des Gefäßes gebracht und dann ein elektrischer Strom auf diese Weise durch den Körper des Kranken geleitet. Man gebraucht dazu entweder constante, oder Inductionsströme.

Die Anwendung statischer Elektricität in der Heilkunde, Franklinisation genannt, wird heutzutage nur von wenigen Ärzten geübt.

Wärmewirkungen des galvanischen Stromes.

§. 39. Schon kurze Zeit nach der Erfindung der Voltasäule wurde beobachtet, dass ein in den Schließungskreis einer galvanischen Batterie eingeschalteter dünner Draht sich unter gewissen Verhältnissen lebhaft erwärmt, ja sogar zum Glühen und Schmelzen kommen kann. Bereits Davy hat dargelegt, dass unter sonst gleichen Umständen die Erwärmung desto stärker ist, je größer der Widerstand ist, welchen ein Leiter dem Stromdurchgange entgegensetzt. Genau haben erst der englische Physiker Joule 1841 [190]) und der russische Physiker Lenz 1844 [191]) die Gesetze der Wärmeentwicklung, welche der galvanische Strom in Metalldrähten hervorbringt, näher untersucht. Beide sind fast zu demselben Resultate gekommen.

Sie ermittelten nämlich durch einen ersten Versuch den Einfluss der Größe des Widerstandes eines Leiters auf dessen Erwärmung durch den Strom und gelangten zum Gesetze: Bei gleicher Stromstärke verhalten sich die in verschiedenen Leitern entwickelten Wärmemengen wie deren Widerstände.

Durch einen zweiten Versuch ermittelten sie den Einfluss der Stromstärke bei unverändertem Widerstande, wobei sich das Gesetz ergab: Die in einem Leiter entwickelten Wärmemengen verhalten sich bei gleichem Widerstande wie die Quadrate der Stromstärken.

Durch einen dritten Versuch gelangte man zur Überzeugung, dass die Wärmeentwicklung in einem Leiter, so lange sein Widerstand und die Stromstärke dieselben bleiben, ganz unabhängig von der elektromotorischen Kraft der Stromquelle ist, denn es ist ganz gleichgiltig, ob die beabsichtigte Stromstärke durch eine größere oder geringere Anzahl von Elementen, ob durch Daniell'sche oder Bunsen'sche Elemente hervorgebracht wird.

Das nach Joule benannte Gesetz: „die in einer bestimmten Zeit entwickelte Wärmemenge ist dem Leitungswiderstande des Drahtes und dem Quadrate der Stromstärke proportional" wurde von Joule und Becquerel durch Versuche selbst auch für Flüssigkeiten bestätigt, bei welchen zwar chemische Vorgänge durch den Strom eingeleitet werden, die aber gleichzeitige entgegengesetzte Vorgänge wieder compensieren. Endlich fanden Joule und Favre, dass dies Gesetz auch für die Flüssigkeiten der Elemente Giltigkeit habe.

Die Bedingungen, von welchen die Temperaturerhöhung von Leitungsdrähten abhängt, festzustellen, bemühten sich besonders 1849 J. Müller[192]), 1859 Zöllner und in neuerer Zeit A. v. Waltenhofen[193]), letzterer auf mathematischem Wege.

Die Arbeiten auf diesem Gebiete ergaben das Gesetz: „Die Temperaturerhöhung eines galvanisch erwärmten Drahtes ist dem specifischen Leitungswiderstande desselben und dem Quadrate der Stromstärke direct, dagegen seinem Emissionsvermögen und der dritten Potenz des Durchmessers umgekehrt proportional."

Grove hatte auch bereits im Jahre 1847 gezeigt, dass auch die Umgebung auf das Glühen von Drähten einen bedeutenden Einfluss hat. Als er über einen glühenden Draht eine mit Wasserstoff gefüllte Glocke hielt, so hörte das Glühen auf.[194]) Er leitete auch ganz gleiche Drähte durch Wasserstoff, ölbildendes Gas und Luft. Während in den beiden ersten Fällen der Draht noch dunkel war, erglühte er bereits in der Luft, was sich nach Clausius 1853 daraus erklärt, dass jene beiden Gase eine iel größere Erkaltungsgeschwindigkeit besitzen, als Luft.

Das Erglühen von Metalldrähten durch Elektricität fand ald praktische Anwendung in der Sprengtechnik. Schon im origen Jahrhunderte hatte man unvollkommene Versuche an-

gestellt, bei welchen der Funke einer Elektrisiermaschine an einen entfernten Ort geleitet wurde, um dort eine Zündung zu veranlassen. Solche Versuche hat schon Franklin ausgeführt.

Dieselben wurden in neuerer Zeit wieder aufgenommen. Im Jahre 1845 stellte der Wiener Elektriker C. Winter auf einer etwa 5000 Meter langen Strecke der Wien-Gloggnitzer Eisenbahn gelungene Versuche an. Später nahm Baron Ebner, damals Major im k. k. Geniestabe, nachmals Feldmarschall-Lieutenant, den Gegenstand für militärische Zwecke in die Hand, hielt über denselben im October 1855 in der k. Akademie der Wissenschaften einen Vortrag und zeigte den von ihm construierten Sprengapparat. Wiewohl der ganze Apparat in einem gut schließenden Gehäuse sich befand und gegen Staub und Regen geschützt war, so gewährte er doch keinen Schutz gegen die Feuchtigkeit der Luft. Dennoch lieferte derselbe überraschende Resultate. Im Jahre 1855 wurden Telegraphenleitungen bis zu einer Länge von 20.000 Metern als Zündleitungen benutzt, wobei sechs bis acht Zünder zur Explosion gebracht wurden. Später wurde dieser Apparat von Ebner verbessert. [195])

Ebners ältester Apparat war eine Elektrisiermaschine mit 2 Glasscheiben, 4 Reibkissen von Leder (mit Amalgam) und einem Condensator, d. i. einer zu einem Cylinder zusammengerollten, langen Franklin'schen Tafel.

Später wurden für den Feldgebrauch Kautschukscheiben und ein Kautschukcondensator gebraucht. Der Apparat wurde in ein Gehäuse aus Blech eingeschlossen. Statt des Reibzeuges (mit Amalgam) wendete er Bisampelz an. Die etwas geringere Elektricitätsentwickelung durch Pelze wurde dadurch gesteigert, dass die Scheiben mit Collodium überzogen wurden. Hierauf nahm er statt der Scheiben einen Cylinder, um welchen der Condensator in Form eines zweiten Hohlcylinders angeordnet wurde. Die Leistungsfähigkeit dieses Apparates verminderte sich jedoch in kurzer Zeit und eine deshalb im Jahre 1870 vom Reichskriegsministerium zusammenberufene technische Militär-Commission constatierte folgende Mängel:

1. Das metallische Gehäuse gestattete Theilentladungen auf kurzem Wege.

2. Die Lage des Condensators ließ eine gute Isolierung nicht zu.

3. Die Fixierung des Collodium-Überzuges war mangelhaft, daher dieser bald abgerieben wurde.

4. Die Schaltstellen für die Leitung waren der atmosphärischen Luft zu sehr ausgesetzt.

Bei dem infolge dieser Bemängelung verbesserten Apparate umschloss ein hölzernes mit Ebonit-Platten gefüttertes Gehäuse den Elektricitätserreger, von welchem getrennt der Condensator in einem eigenen Aufsatzgehäuse untergebracht war. Die Schaltvorrichtung war so viel als nöthig von der Außenluft abgeschlossen. Ferner wurden Bindemittel, welche eine große Adhäsion sowohl zum Ebonit als zum Collodium besitzen, angewendet.

Man kehrte endlich wieder zur Scheibenform zurück, weil man so, ohne das Volumen bedeutend zu vergrößern, die Leistungsfähigkeit erhöhen konnte.

Um dem Einflusse der atmosphärischen Feuchtigkeit, welche etwa doch in das Innere des Apparates dringen könnte, jederzeit zu begegnen, wurde sowohl das Innere des Gehäuses selbst, als auch jenes des Schaltkästchens je mit einem Glasrohre in luftdichte Verbindung gesetzt, in welchem sich entwässertes Chlorcalcium befindet, welches alle Organe des Zündapparates zu jeder Zeit trocken erhält.

Die erste Zündung mittels des Glühens von Metalldrähten durch den galvanischen Strom wurde vom russischen Genie-Corps im Jahre 1829 versucht. Im Jahre 1834 brachte Hare dieses Verfahren in Anwendung, um Felsen zu sprengen. Sein Apparat aber war zu umständlich, weshalb sein Verfahren keine Verbreitung fand. Nach vielen Bemühungen gelang es dem Engländer Roberts im Jahre 1842 die Anwendung des galvanischen Stromes zum Felsensprengen so einfach zu machen, dass sein Verfahren [196]) große Anerkennung fand. Um nicht erst für jede Explosion den feinen zwischen den Leitungsdrähten ausgespannten Eisendraht vorrichten zu müssen, erdachte Roberts Patronen, von denen man stets eine Anzahl vorräthig haben kann.

Die großartigste Anwendung, welche jemals von galvanischen Elementen für Zündzwecke gemacht wurde, war die

bei Sprengung des Hellgatefelsens bei dem Hafen von New-York, bei welcher 920 Chromsäure-Elemente thätig waren, und gleichzeitig 3680 galvanische Glühzünder entzündet wurden.

Noch wollen wir einen merkwürdigen Versuch erwähnen, der allerdings wenig praktische Bedeutung hat, vielmehr als ein Curiosum betrachtet werden muss. Er wurde nach Legung des ersten unterseeischen Kabels zwischen Frankreich und England ausgeführt. An dem einen Kabelende an der Küste Englands wurde eine Kanone mit Glühzünder aufgestellt, während an der französischen Küste eine Batterie Daniell'scher Elemente aufgestellt war, bei welcher nach und nach so viele Elemente eingeschaltet wurden, bis die Kanone in England zur Abfeuerung gebracht wurde. Es ergab sich, dass hierzu 240 Elemente nothwendig waren.

Man hat jedoch die Methode, mittels eines glühenden Drahtes zu zünden, später meist verlassen und begann den Funken zu benützen, welchen inducierte Ströme liefern.

Nachdem Ruhmkorff die elektromagnetische Inductionsrolle auf eine sehr hohe Wirkung gebracht hatte, wurde dieselbe auch für Zündungen verwertet. Nach wesentlicher Verbesserung der Magnetinductionsmaschine wurde diese eingeführt und nun werden Zündapparate von vorzüglicher Wirkung nach den Principien der dynamoelektrischen Maschinen construiert.

Das Erglühen von Metalldrähten durch den galvanischen Strom fand auch Anwendung in der Chirurgie anstatt des Glüheisens.[197]) Albrecht Middeldorpf hat die Galvanokaustik zu einem eigenen selbständigen Zweige der operativen Chirurgie ausgebildet. Auch in der zahnärztlichen Praxis wurde dieselbe eingeführt.[198]) Gegenwärtig beherrscht Victor von Bruns in erster Richtung dieses Gebiet.[199])

Die Anwendung von glühenden Metalldrähten im Beleuchtungswesen werden wir an anderer Stelle besprechen.

Der galvanische Lichtbogen.

§. 40. Johann Ritter, ein Privatmann in Jena, Mitglied der Münchener Akademie, ein verdienter Forscher, der schon 1810 starb, wandte zum Schließen der Ketten einseitig einen

Kohlenstift an, um den Unterschied zwischen Schließungs- und Öffnungsfunken studieren zu können. Der Gedanke, einen solchen Kohlenstift anzuwenden, lag sehr nahe, da Christian Heinrich Pfaff, Professor der Medicin, Physik und Chemie in Kiel, die Überzeugung aussprach, dass der elektrische Funke nichts anderes sei, als glühend gewordene, abgerissene Metalltheilchen, denn Kohlentheilchen, deren gute Leitungsfähigkeit schon Volta kannte, erglühen leichter und trennen sich nicht so schwer wie Metalltheilchen. Ritter machte solche Versuche mit 100 Elementen.

Zwei stumpfe Kohlenstifte brachte De la Rive im Juli 1820 auf der Versammlung der „allgemeinen schweizerischen Gesellschaft der Naturwissenschaften“ zur Anwendung und erzeugte mittelst 380 Zink-Kupfer-Elementen ein so kräftiges anhaltendes Licht, dass die Augen der Zuschauer davon geblendet wurden. Auch ließ er, wie Hoppe in seiner Geschichte der Elektricität berichtet, das Licht sowohl in Luft wie im luftleeren Raume entstehen, um zu zeigen „dass es nicht durch Verbrennen erzeugt sei.“ Hierauf folgte der großartigste Versuch.

Humphry Davy hatte im Jahre 1821 zum Behufe elektrotechnischer Untersuchungen durch eine Privat-Subscription die Kosten für eine aus 2000 Zink-Kupferelementen bestehende Batterie gedeckt. Jede Platte dieser Batterie hatte eine Oberfläche von 4 Quadratdecimeter. Als er einmal die aus 30 Millimeter langen und 4 Millimeter dicken Kohlenstäbchen bestehenden Polenden dieser Batterie nach vorhergegangener Berührung wieder von einander trennte, bildete sich zwischen den beiden Kohlenspitzen, welche selbst ein blendendes Licht ausstrahlten, ein nach oben gewölbter Flammenbogen, welcher erst erlosch, als die Polstücke etwa 8 Centimeter von einander entfernt wurden. Obwohl Davy bei diesem Versuche möglichst feste und dichte Holzkohlen angewendet hatte, so waren sie doch einem raschen Verbrennen ausgesetzt. Um diese Verbrennung zu ndern, schloss er sie in eine Glasglocke ein, aus welcher die uft gepumpt werden konnte und bemerkte, dass bei einer Verinnung der Luft auf 6 Millimeter Quecksilberhöhe der Lichtgen sich noch in einer Länge bis zu 18 Centm. zeigte.

Eine Reihe von Forschern beschäftigte sich hierauf mit der Untersuchung des Voltabogens. De la Rive fand,[200]) dass die Fortführung der Substanz stets vom positiven zum negativen Pole erfolge. Auch stellte er verschiedene Versuche mit Spitzen und Platten von Platin, Eisen, Silber und Kupfer an.

Auch nach den Versuchen von van Breda findet eine Überführung materieller Theilchen, wenn auch vorherrschend, doch nicht ausschließlich vom positiven zum negativen Pole statt. Deleuil hatte schon im Jahre 1841 mit gewöhnlichen Kohlen in einem luftleer gemachten Recipienten öffentlich die ersten Experimente mit elektrischem Lichte angestellt. Leon Foucault fand im Jahre 1844, dass der Lichtbogen, wenn man statt der Holzkohle Retortenkohle anwendete, länger andauerte, weil die Retortenkohle langsamer abbrannte, dafür aber keine solche Länge erreichte, was bereits darauf hindeutet, dass diese Länge von der Leichtigkeit abhängt, mit welcher der Strom kleine Theilchen abzulösen und zu verflüchtigen vermag.

Depretz gelangte bei seinen Untersuchungen seit 1850 zu dem Resultate, dass bei Vermehrung der Elemente der Lichtbogen rascher zunimmt, als die Zahl der Elemente und dass dieser Zuwachs für kleine Lichter stärker ist als für große.

§. 41. Über die Lichtstärke des Voltabogens hat Casselmann, Realschullehrer in Wiesbaden, 1844 Versuche angestellt.[201]) Die Kohlenstücke, zwischen denen der Lichtbogen erzeugt wurde, waren aus derselben Masse gebildet, welche zur Herstellung der Kohlencylinder der Bunsen'schen Kette dient. In den Strom war gleichzeitig eine Tangentenboussole eingeschaltet, so dass die jeder gemessenen Lichtstärke entsprechende Stromstärke gemessen werden konnte. Er gebrauchte bei seinen Lichtstärkemessungen ein Bunsen'sches Photometer. Aus seiner darüber veröffentlichten Tabelle ergab sich, dass mit Entfernung der Spitzen Lichtstärke und Stromstärke abnimmt, doch sind die Resultate nur annähernd genau.

Fizeau und Foucault haben nach einer anderen Se[ite] vergleichende Versuche über die Lichtstärke des Voltaboge[ns] angestellt.[202]) Sie verglichen nicht die Leuchtkraft, welche ve[r]schiedene Lichtquellen besitzen, sondern die Intensität ihr[er]

chemischen Wirkungen. In dieser Beziehung verglichen sie den galvanischen Lichtbogen mit dem Sonnenlichte und dem Drummond'schen Kalklichte.[203]) Ihre Beobachtungsresultate ergaben für die Intensität der Lichtquellen folgende Verhältniszahlen: Sonnenlicht im August und September bei vollständig reinem Himmel in den Mittagstunden 1000, Kohlenlicht, durch 46 Bunsensche Zinkkohlenelemente erzeugt, 235, Kalklicht 6·8. Die photographische Wirksamkeit des durch die genannte Batterie erzeugten Kohlenlichtes wäre demnach 34 mal so groß, als die des Kalklichtes. Auch nach gewöhnlichem photometrischen Verfahren fanden Fizeau und Foucault ein ähnliches Verhältnis zwischen Kalk- und Kohlenlicht.

§. 42. Man überzeugte sich auch sehr bald, dass mit der Entwicklung eines so intensiven Lichtes die Erzeugung einer sehr hohen Temperatur verbunden sei. Bei Davy's Versuchen wurden innerhalb dieses Lichtbogens Quarz, Saphir und Kalk verflüchtigt. De la Rive beobachtete auch bereits, dass die Wärmeentwicklung für die beiden Pole ungleich, dass sie am positiven stärker als am negativen sei.[204]) Dieselbe Beobachtung machte Walker.[205])

Man fand ferner, dass das Licht suerst am negativen Pole, die Wärme zuerst am positiven Pole auftritt, dass später der negative Pol mehr leuchtend, der positive mehr wärmend wirkt.

Die großartigsten Versuche über die Wirkungen des Voltabogens hat Depretz angestellt. Er experimentierte in Paris mit 496, dann mit 600 Zinkkohlenelementen,[206]) später aber mit kräftigen Inductionsapparaten. Die strengflüssigsten Körper, wie Thonerde, Platin, das im J. 1803 von Smithson Tennant entdeckte Iridium wurden geschmolzen und in Dampf verwandelt. Depretz glaubt auch Spuren von Schmelzung der Kohle beobachtet zu haben. Als er auch Graphit verflüchtigte, setzte sich an den Elektroden ein feiner Staub ab, welcher sich unter dem Mikroskope als krystallisiert zeigte, indem die einzelnen Theile die Form von Octaëdern besaßen; mit diesem Staube konnte man Rubine polieren. Rosetti hat bei Anwendung einer Bunsen'schen Batterie von 160 Elementen und einer Dubosq'schen Lampe die Temperatur zwischen beiden Kohlenspitzen zu 2500

bis 3900° C. gefunden. Hierbei hatte die positive Kohle 2400—3900° C. und die negative 2138—2530° C. [207])

William Siemens hat in neuester Zeit einen Apparat ersonnen, durch welchen es möglich wird, schwerflüssige Stoffe in größerer Menge durch den galvanischen Strom zu schmelzen. [208])

Dagegen fand man, dass stets die wärmeausstrahlende Fläche des elektrischen Lichtes im Verhältnisse zu der anderer Lichter, welche dieselbe Beleuchtung liefern sollen, ungemein klein ist. Nach den Berechnungen und Versuchen von Siemens bringt das elektrische Licht ungefähr nur 1% der Wärme hervor, welche eine gleich helle Gasbeleuchtung ergeben würde.

§. 43. Da durch das Verzehren der Kohle der Abstand der Kohlenspitzen vergrößert wird, daher das elektrische Licht nicht constant bleiben, ja selbst verlöschen kann, so mussten eigene Apparate erfunden werden, welche diesen Übelstand beseitigen, nämlich elektrische Lichtregulatoren.

Den ersten, den Anforderungen entsprechenden Kohlenlichtregulator erfand Foucault 1848, während fast gleichzeitig Staite und Petrie in England auf dieselbe Idee kamen, nämlich zur Regelung des Nachschubes der Kohlenspitzen den Strom selbst anzuwenden. Man musste vordem die Regulierung mit der Hand vornehmen und erst 1845 hatte es Thomas Wright in London unternommen, die Regulierung einem Mechanismus zu übertragen.

Der in den meisten Lehrbüchern der Physik abgebildete und beschriebene Apparat von Archereau hat wegen seiner Unvollkommenheit nie eine eigentliche Anwendung gefunden. Dagegen nennen wir die Lampen von Serrin, Jaspar, Dornfeld, Lontin, Fontaine, Stöhrer, v. Hefner-Altenek, Siemens-Halske. [209]) Überhaupt zählen die bisher erfundenen Regulatoren nach Hunderten.

Gleichwie bei den Regulatoren wird auch bei den „elektrischen Kerzen“ das Licht durch den Voltabogen erzeugt. Während bei jenen ein Mechanismus dazu dient, um die Länge des Lichtbogens constant zu erhalten, ändern bei den Kerzen die Kohlen ihre Lage während der ganzen Brenndauer entweder g nicht, oder ihre Bewegung ist ein einfaches Nachschieben d Kohlen, entsprechend dem Abtrennen, nicht aber der Stromstärk

Die erste elektrische Kerze wurde von dem Physiker William Edward Staite im Jahre 1846 construiert. Die erste praktisch verwendbare Kerze wurde jedoch von Jablochkoff, einem russischen Officier, im J. 1876 erfunden. Im J. 1878 folgten die Kerzen von Jamin und Wilde u. a.

Im Allgemeinen bestehen die elektrischen Kerzen aus zwei parallelen, aufrecht gestellten Kohlenstiften, zwischen denen sich eine isolierende, leicht schmelzbare Schichte von Kalk befindet. Da die positive Kohle zweimal so schnell abbrennt wie die negative, so muss bei gleichgerichtetem Strome die positive Kohle den doppelten Querschnitt von dem der negativen haben.

§. 44. Das elektrische Licht hat anfänglich fast ausschließlich nur auf Leuchtthürmen Verwendung gefunden, wo es übrigens nicht durch eine galvanische Batterie, sondern mittels magnetelektrischer Maschinen erzeugt wurde. Man verwendete es später bei ununterbrochenen Bauten, besonders bei Bauten unter Wasser. Zuerst geschah dies bei den großartigen Neubauten womit Napoleon III. die Stadt Paris verschönert hat. Sonst diente es noch zu zahlreichen Schau- und Festzwecken. Bei den Illuminationen des Concordiaplates und der elyseischen Felder in Paris war das elektrische Licht am 15. August, dem Napoleonstage, in großartigem Maßstabe vertreten. Zur Erzielung bedeutender Lichteffecte fand es bald Eingang in die Theater. Als im Jahre 1846 die Meyerbeer'sche Oper „der Prophet“ im Pariser Opernhause zur Aufführung gelangte, wurde für die Herstellung des Sonnenaufganges im 2. Acte und für den Brand am Schlusse der Oper das elektrische Licht, unter Benützung eines Foucault'schen Regulators mit großem Erfolge verwendet. Ebenso spielte in Rossini's Oper „Moses“ das elektrische Licht eine große Rolle. In derselben Oper, dann in Wagner's „Rheingold“ wurde die Erscheinung des Regenbogens durch elektrisches Licht hervorgebracht, indem vor dem Regulator ein krummer Spalt und ein Flintglasprisma aufgestellt wurde, wodurch ein krümmtes Spectrum entsteht.

Das galvanische Kohlenlicht, welches man auch in einem Glasballon ganz abgesperrt von der äußeren Luft, ja unter Wasser erzeugen kann, wurde auch von Boussingault statt der

Davy'schen Sicherheitslampe zur Grubenbeleuchtung vorgeschlagen. Ähnliche Vorschläge hat de la Rive gemacht.[210].) Statt des Kohlenlichtes empfahl für diesen Zweck Grove im Jahre 1845 einen in einem luftdicht verschlossenen Glasgefäß galvanisch glühenden Platindraht.[211])

Im Jahre 1848 nahm le Molt in England ein Patent auf einen Apparat zur öffentlichen galvanischen Beleuchtung, in welchem Kohlenscheiben statt der Kohlenstäbchen angewendet wurden,[212]) was eigentlich schon Wright's Idee war. Die Kohlenscheiben hatten nämlich eine doppelte Bewegung; sie drehten sich um ihre Axe und wurden zugleich nach jeder solchen Umdrehung um ein dem Abbrennen entsprechendes Stück einander genähert.

Doch hat erst seit der Erfindung von kräftigen und zuverlässigen magnet-elektrischen und dynamo-elektrischen Maschinen das elektrische Licht auch für das praktische Leben eine hohe Bedeutung erlangt, und gewinnt täglich mehr an Ausbreitung.

§. 45. Eine Einwirkung des Magnetismus auf den galvanischen Lichtbogen hat schon Davy beobachtet, nämlich, dass der Lichtbogen von einem Magnet in derselben Weise afficiert wird, wie ein vom galvanischen Strom durchflossener beweglicher Leiter. Casselmann hat später über solche Versuche Mittheilungen gemacht.[213]) Walker beobachtete, als er statt des einen Kohlenpoles einen Magnetstab anwendete, so dass der Lichtbogen sich zwischen Kohle und Stahl bildete, dass der Lichtbogen um den Magnetpol nach denselben Gesetzen rotierte, nach welchen überhaupt ein beweglicher Stromleiter um einen festen Magnet rotiert.[214])

Auch de la Rive hat über den Einfluss des Magnetismus auf den Voltabogen mehrfache Experimente angestellt.[215])

§. 46. Nachdem im Jahre 1857 durch Bunsen und Kirchhoff die Spectralanalyse entdeckt worden war, zeigte die Untersuchung des Spectrums des Lichtbogens, dass wir in diesem Lichtbogen nur eine Glüherscheinung der zwischen den Elektroden übergehenden und den Durchgang des Stromes vermittelnden Dämpfe vor uns haben, da man vorzugsweise das Spectrum desjenigen Metalles erhält, welches die positive Elektrode bildet. Der elektrische Lichtbogen wurde deshalb zu dem bequemsten Mittel, um die Spectra der Metalle zu zeigen.

Oerstedts Entdeckung.

§. 47. Zwei Decennien nach Erfindung der Volta'schen Säule, welche der Lehre von der Elektricität einen bedeutenden Aufschwung gegeben hatte, wurde eine Entdeckung gemacht, welche auf diesem Gebiete als eine der folgenreichsten bezeichnet werden muss.

Die unverkennbare Ähnlichkeit in den Erscheinungen und Gesetzen der Elektricität und des Magnetismus musste sehr bald auffallen und die Physiker veranlassen, nach den verschiedenen Beziehungen zwischen diesen beiden Naturkräften zu forschen. Man sollte glauben, dass es kaum noch etwas anderen, als einer klaren Auffassung der vorliegenden Thatsachen bedurfte, um diesen Zusammenhang zu entdecken.

Leider hatten sich viele durch längere Zeit Mühe gegeben, diese Erscheinungsgebiete auseinanderzuhalten und ihre Ursachen als gänzlich verschieden darzustellen. Lange vor dem Jahre 1820, in welches die große Entdeckung fällt, hatte Johann Christian Oerstedt (geb. 14. Aug. 1777 auf der dänischen Insel Langeland, Professor der Physik in Kopenhagen) diesem Gegenstande eifrig nachgeforscht. Schon im Jahre 1807 hatte er eine Schrift bekannt gemacht, [216]) in welcher er sagt, „dass er schon seit längerer Zeit sich zu überzeugen suche, ob die Elektricität in ihrem verborgensten Zustande irgend eine Wirkung auf den Magnet habe."

Man erzählt, dass mitten in einer Vorlesung das Licht die Schleier seiner Ahnung durchdrang, so dass er seinen Vortrag unterbrach, um sogleich in Gegenwart seiner Zuhörer den ersten Versuch zur Prüfung seines Gedankens anzustellen. So entdeckte er, dass der galvanische Strom eine richtende Kraft auf die Magnetnadel ausübe, dass die Magnetnadel ein Bestreben äußere, sich gegen den Leitungsdraht des Stromes unter einem rechten Winkel zu stellen. Dieser Versuch wurde im Winter 18 19/20 angestellt.

Nur zu oft wird eine wichtige Entdeckung als Folge eines reinen Zufalles betrachtet. Auch Oerstedt's Entdeckung wurde als zufällig gemacht hingestellt. [217]) Wir können dem nicht bei-

stimmen, sondern betrachten sie als das Resultat vieljährigen Nachdenkens und zahlreicher früherer Untersuchungen. Oerstedt nannte das Jahr 1820 „das glücklichste seines Lebens."

In demselben Jahre erschien seine Abhandlung über den Einfluss des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel,[218]) und seine Beobachtung wurde nicht nur von vielen anderen Naturforschern bestätigt, sondern auch wesentlich erweitert.

Wir können hier nicht unerwähnt lassen, dass von manchen Seiten her die Priorität dieser Entdeckung dem Professor Oerstedt streitig gemacht wurde. Im Jahre 1874 erschien in Berlin eine Broschüre von einem anonymen Verfasser, welche den Titel führt: „Dr. J. S. C. Schweigger, ehemals Professor der Physik an der Universität Halle, ist der Entdecker des Elektro magnetismus, während Dr. Hans Christian Oerstedt, ehemals Professor der Physik an der Universität Kopenhagen, irrthümlich dafür angesehen wird." In Gehlens Journal der Chemie, Physik und Mineralogie vom Jahre 1808, Band VII befindet sich nämlich ein Aufsatz Schweiggers „über die Frage, ob der chemische Process durch den elektrischen bedingt werde." In diesem Aufsatze schreibt Schweigger folgende Worte: „Es werden sich auch zwischen Cohäsion und der dem Magnetismus so nahe verwandten Elektricität, da beide nur Modificationen einer und derselben Kraft zu sein scheinen, Beziehungen finden."

In demselben Journale Band VII vom Jahre 1808 findet sich auf Seite 206 und den folgenden ein Aufsatz Schweiggers „über Benutzung der magnetischen Kraft bei Messung der elektrischen," in welchem derselbe auch ein von ihm erdachtes magnetisches Elektrometer beschreibt.

Der unbekannte Verfasser jener Streitschrift behauptet demnach, dass man die Oerstedtsche Entdeckung wohl eine Vervollkommnung der bereits 1808 gemachten Entdeckung nennen kann, da Oerstedt die Erscheinung der Ablenkung der Magnetnadel, welche Schweigger 1808 durch Reibungselektricität bewies, und zwar am offenen und am geschlossenen elektrischen Kreise, auch am geschlossenen Kreise der Berührungs-Elektricität zeigte.[219])

Ferner fanden wir in Zetsche's Geschichte der elektrischen Telegraphie folgende Bemerkungen. Dass die Magnetnadel durch den Einfluss des Galvanismus aus ihrer normalen Lage abgelenkt wird, beobachtete schon im Mai 1802 zu Innsbruck der in Trient als Sachwalter lebende Giovanni Domenico Romagnosi; derselbe veröffentlichte seine Entdeckung im August in der Trienter Zeitung. Professor Izarn erwähnt dieselbe Entdeckung in seinem 1804 in Paris erschienenen Manuel du galvanisme mit folgenden Worten: „Nach Beobachtungen des Physikers Romagnosi in Trient erfährt die bereits magnetisierte Nadel, wenn man den galvanischen Strom auf sie wirken lässt, eine Ablenkung; und nach denen des gelehrten Chemikers J. Mojon in Genua erlangen die nicht magnetisierten Nadeln durch dieses Mittel eine Art magnetischer Polarisation."

Auch Giovanni Aldini gedenkt in seinem ebenfalls 1804 in Paris gedruckten Essai théorique experimental sur le galvanisme der Beobachtung Romagnosi's und da Oerstedt 1802 und 1803 in Paris war und mit Aldini verkehrte, so hält J. Hamel (Mélanges Physiques et Chimiques tirés du Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St. Pétersbourg, 1860, Th. 4, S. 256) es für nicht wahrscheinlich, dass Oerstedt nicht auch von Romagnosi's Beobachtung Kenntnis gehabt haben sollte. Vgl. auch Journal of the Society of arts, 23. April 1858.

§. 48. Die Oerstedt'sche Entdeckung gelangte durch die Schweiz nach Paris und wurde am 11. September 1820 in einer Sitzung der Pariser Akademie gezeigt. Sie wurde besonders durch Ampère in Frankreich und Faraday in England weiter geführt. Noch im Jahre 1820 stellte Ampère die Schwimmregel auf, nach welcher sich der Sinn der Ablenkung bestimmen lässt, wenn man die Richtung des Stromes kennt: „Denkt man sich mit dem positiven Strome in dem Schließungsdrahte schwimmend, den Kopf voraus mit dem Gesichte der Nadel zugekehrt, so erfolgt die Ablenkung des Nordendes lemal gegen die linke Hand hin."

Auf den ersten Blick schon musste es auffallen, dass die rt und Weise, wie der elektrische Strom auf die Pole der agnetnadel wirkt, sich von der Wirkungsweise aller anderen

Naturkräfte unterscheidet. Es schien, als ob der Stromleiter auf den Magnetpol eine Kraft ausübe, die weder anziehend, noch abstoßend, sondern die vielmehr eine transverse Kraft genannt werden konnte. Während alle bis zu Oerstedt's Entdeckung bekannten anziehenden oder abstoßenden Kräfte, die Schwere, die Anziehungskraft der Sonne und der übrigen Himmelskörper, die anziehend oder abstoßend wirkenden Kräfte des Magnetismus und der Elektricität den Punkt, auf den sie wirken, dem Sitze dieser Kraft näher zu bringen oder auch weiter davon zu entfernen suchen, so strebt diese Kraft, jenen Punkt in eine rechtwinkelige Stellung gegen die gerade Linie zu bringen, welche ihn mit dem Sitze dieser Kraft verbindet.

Man sah den Nordpol der Nadel sich so bewegen, „als ob er durch einen Wirbel in Bewegung gesetzt würde, der sich rund um den Draht nach einer Richtung dreht, während der Südpol durch einen anderen in entgegengesetzter Richtung gedrehten Wirbel in Bewegung gesetzt zu werden schien.“ [220])

Als Faraday im Jahre 1821 den elektrischen Strom nur auf einen Pol oder auf die eine Hälfte eines Magnetstäbchens so einwirken ließ, dass der unbewegliche Stromleiter der magnetischen Achse parallel gerichtet war, so trat eine Rotation des Magnetes um den Leitungsdraht ein. Er brachte ferner in demselben Jahre eine Rotation eines Magnetes um die eigene Achse unter Einfluss eines galvanischen Stromes zu Stande, und fand, dass die Einwirkung von Strom und magnetischen Polen eine wechselseitige sei, indem er durch sein Pendel zeigte, dass ein beweglicher Stromleiter um einen unbeweglichen Magnetpol kreisen könne.

Die Kraft, mit welcher der elektrische Strom bei diesen und ähnlichen Versuchen auf die Magnetnadel wirkt, zeigte sich augenscheinlich schwächer, je weiter die Magnetnadel von dem Stromleiter entfernt ist. Es handelte sich also um das Gesetz, nach welchem diese Kraft in Beziehung auf ihre Lage und ihre Entfernung von den Magneten abnehme. Dieses Gesetz ist zuerst von Biot und Savart in Frankreich gleichfalls noch im Jahre 1820 aus Schwingungsversuchen bestimmt worden. Die

Nadel wurde nämlich durch einen passend aufgestellten Magnet dem Einflusse des Erdmagnetismus entzogen, hierauf in Schwingungen versetzt, während der Strom sich in verschiedenen, genau gemessenen Entfernungen von der Nadel befand, und nun wurde die Dauer der Schwingungen beobachtet. Da die Nadel dann nur unter dem Einflusse der von dem Strome her auf sie wirkenden Kräfte ihre Schwingungen vollführte, so konnte aus den Schwingungszeiten, wenn der Strom sich in verschiedenen Entfernungen von der Nadel befand, das Verhältnis der auf die Nadel wirkenden Kräfte abgeleitet werden. Auf diese Weise entstand das Biot-Savart'sche Gesetz: Die Wirkung, welche ein geradliniger langer Strom auf den Pol eines Magnetes ausübt, ist dem Abstande des Poles von dem Stromleiter umgekehrt proportional, übrigens erfolgt die Gesammtwirkung des Stromes auf einen Pol senkrecht zu der Ebene, welche man durch den Pol und den Stromleiter legt.

Schmidt hat dasselbe Gesetz aus Versuchen über die Gleichgewichtslagen einer astatischen Magnetnadel bestimmt. [221])

Aus diesen Versuchen wurde Laplace durch den Calcül auf die Folgerung geführt, dass die Wirkung eines einzelnen Stromelementes auf einen Magnetpol senkrecht zu der Ebene erfolgt, welche durch das Element und den Pol gelegt wird, und dass sie dem Quadrate der Entfernung des Poles vom Elemente umgekehrt proportional ist. [222])

§. 49. Bald nach Oerstedt's Entdeckung geschah die Erfindung des Multiplicators gleichzeitig durch Schweigger und Poggendorff.

Nobili hat den Multiplicator dadurch bedeutend empfindlicher gemacht, dass er anstatt der einfachen Nadel ein astatisches Nadelpaar anwendete. (1826) Die erste Tangentenboussole mit nur flachem multiplicierendem Gewinde und bloß bis 30 Grade genau, stammt von Nervander [223]) im Jahre 1837, und die erste bessere von Pouillet 1837, von diesem auch in demselben Jahre die Sinusboussole. Die centrische Tangentenboussole construierte Weber 1848, die excentrische Gaugain 1853, nachdem Helmholtz bereits 1849 die erste Idee zu derselben gegeben hatte. Die theoretische Begründung dieser letzteren Einrichtung

gab Bravais 1853 mit höherer und Professor Pierre in Wien 1855 mit Elementar-Mathematik.

Da der gewöhnliche Multiplicator zu Messungen wenig geeignet ist, weil kein einfaches Gesetz die Ablenkungswinkel mit der Stromstärke verbindet, da die Tangentenboussole nur für verhältnismäßig starke Ströme hinreichend empfindlich ist, die Sinusboussole allerdings empfindlicher, aber wegen der nöthigen Nachstellung des Stromkreises unbequem zum Gebrauche ist, so suchte man diesen Übelständen durch Spiegelgalvanometer abzuhelfen, da bei diesen sehr kleine Ablenkungswinkel hinreichend genau gemessen werden können, welche dann ohne bedeutenden Fehler den Stromstärken proportional gesetzt werden dürfen.

Solche Spiegelgalvanometer construierten in verschiedenen Formen Weber,[224]) Wiedemann,[225]) V. v. Lang[226]), W. Siemens.[227])

Ampère's Theorie der elektrodynamischen Wirkung.

§. 50. André Marie Ampère wurde am 20. Jänner 1775 zu Lyon geboren. Sein Vater war ein Kaufmann, der sich von den Geschäften zurückgezogen und dann seinen Wohnsitz in einen kleinen benachbarten Landflecken verlegt hatte, wo er dem Knaben den ersten Unterricht ertheilte. Der Knabe zeigte ungemein viel mathematisches Talent. Er war noch nicht zwölf Jahre alt, und außerdem im körperlichen Wachsthum sehr zurückgeblieben, als er bereits mit allen Elementen der Mathematik und Geometrie bekannt war und nach Lyon in die Schule des Mathematikers Daburon kam, von welchem er in das Gebiet der höheren Analyse eingeführt wurde. Er machte in der Mathematik so tüchtige Fortschritte, dass er, kaum 18 Jahre alt, Legrange's „Mecanique analytique“ studierte und fast alle Berechnungen dieses Werkes wiederholte. Er zeigte schon damals ein Streben nach einer Universalität von Kenntnissen, welches ihn bis zu seinem Lebensende nicht verließ. Nachdem er sich von dem schweren Schicksalsschlage, der ihn durch die vom Convente im J. 1793 verfügte Guillotinierung seines Vaters getroffen, erholt hatte, fieng er an, angeregt durch

Rousseau's botanische Briefe, Botanik zu studieren, und auch das Studium der classischen Sprachen, besonders der lateinischen zu betreiben. Er fasste dadurch eine so große Liebe zum Alterthume, dass er sogar ein Trauerspiel, das den Tod Hannibals zum Vorwurf hatte, verfasste.

Einige Zeit hindurch verdiente er in Lyon durch Privatunterricht seinen Unterhalt, betrieb aber dabei, angeregt durch Lavoisier's Schriften, auch Chemie und Physik. Durch einige mathematische Arbeiten, besonders jene über Wahrscheinlichkeit, hatte Ampère in den Gelehrtenkreisen Aufmerksamkeit erregt. In der Physik und Chemie hatte er sich inzwischen so vervollkommnet, dass er 1801 in Bourg an der Centralschule des Departements Ain eine Professur dieser Wissenschaften annehmen konnte. Im Jahre 1805 kam er als Professor der Mathematik an das Lyceum nach Lyon und später als Repetitor der Analyse an die polytechnische Schule in Paris. Hier beschäftigte er sich auch mit dem Studium der Metaphysik und Physiologie. Seine Ernennung zum Professor der Analyse und Mechanik an der genannten Schule im J. 1808 erweiterte seinen Wirkungskreis. Ehe noch Oerstedt seine folgenreiche Entdeckung gemacht hatte, wendete sich Ampère bereits dem Magnetismus und der Elektricität zu, und nach derselben begann sogleich seine mathematisch-experimentelle Ausarbeitung des Gegenstandes. [228]) Leider wurde er bald wieder von seinen Hauptfächern abgelenkt. Er betheiligte sich unter anderem an dem Streite des George Cuvier und Geoffroy St. Hilaire über die Einheit des Planes aller organischen Geschöpfe. Wir können hier kaum den Gedanken unterdrücken, was dieser geniale Mann erst dann geleistet haben würde, wenn er seine geistigen Kräfte nicht so zersplittert hätte!

Im J. 1824 wurde er Professor der Experimentalphysik am Collège de France und 1826 Generalinspector der Schulen und Lehranstalten aller Art in einem großen Theile des Königreiches, bei welcher Stelle ihm die fast beispiellose Universalbildung seines Geistes von großem Vortheile war. Auf einer solchen Inspectionsreise erkrankte er und starb am 10. Juni 1836 zu Marseille.

Einige Monate nach Oerstedts Entdeckung machte Ampère seine Beobachtungen über die gegenseitige Einwirkung zweier elektrischen Ströme bekannt. [229]) In einem bescheidenen Cabinete in der Rue des Hosses Saint Victor wurden jene merkwürdigen Experimente zuerst angestellt, welche den genialen Mann in kürzester Zeit zu einer allgemeinen Theorie dieser Erscheinungen führten. Auf diesem neuen Untersuchungsgebiete folgten Arbeiten und Entdeckungen mit großer Schnelligkeit. Schon im J. 1826 konnte Ampère eine allgemeine Theorie der elektrodynamischen Erscheinungen veröffentlichen, [230]) welche sich bei Einwirkung der Ströme auf einander und auf Magnete, so wie der Magnete und des Erdkörpers auf Ströme zeigten. Durch seine Theorie brachte er einen Zusammenhang in diese Erscheinungen und erläuterte auch die mannigfaltigen Äußerungen des eigentlichen Magnetismus. Während gewöhnlich eine stufenweise Aufstellung von immer vollkommeneren Gesetzen und Theorien stattfindet, gelang es Ampère schon nach einigen Monden, den Gegenstand in seiner Allgemeinheit darzustellen.

Die von Ampère aufgefundenen elektrodynamischen Erscheinungen führten unwillkürlich zu der Frage über das Verhältnis der elektrischen und magnetischen Kräfte. Wer die elektrischen Erscheinungen von eigenen elektrischen Fluiden ableitete und demnach den elektrischen Strom als Resultat der Bewegung dieses Fluidums von Theilchen zu Theilchen ansah, hatte nur zwischen der Alternative zu wählen, entweder auch magnetische Flüssigkeiten zu postulieren und zwischen diesen und den elektrischen eine Verwandtschaft vorauszusetzen, vermöge welcher die Bewegung der einen ein Freiwerden der anderen zur nothwendigen Folge hat; oder er musste das Wesen des Magnetismus in elektrische Ströme setzen und demnach annehmen, dass die magnetische Polarität der kleinsten Theile von der Anwesenheit solcher Ströme, welche die Theile umkreisen, herrühren.

Während ein großer Theil der Naturforscher die erste Darstellungsart annahm, ließ Ampère die Hypothese besonderer magnetischer Fluida, welche in den einzelnen Molekülen der Magnete getrennt seien, vollständig fallen, und nahm an, da er die volle Übereinstimmung zwischen dem Verhalten eines Magnet-

poles und eines Solenoidpoles wahrnahm, der Magnetismus sei ein Parallelismus elektrischer Ströme. Das Magnetisieren besteht demnach im Erregen oder Anordnen elektrischer Ströme und die Einwirkung zweier Magnete auf einander ist das Resultat der gegenseitigen Einwirkung der elektrischen Ströme, und selbst die Erde hat nach dieser Ansicht ihre magnetische Kraft von elektrischen Strömen, welche in ihr in der Richtung von Ost nach West circulieren, und welche nach Ampère Thermoströme sind.

Indessen konnte Ampère doch nicht annehmen, dass ein Magnetstab als Ganzes von großen elektrischen Strömen umkreist werde, denn ein Magnet lässt sich in unzählige kleine vollständige Magnete zerlegen. Er nahm daher an, dass bei einem Magnete sämmtliche Moleküle von galvanischen Strömen umkreiset werden, die sämmtlich einander parallel sind und deren Ebenen auf der Achse des Magnetes senkrecht stehen. Als Resultierende aller in einer Ebene liegender Molekularströme kann man sich einen einzigen Strom denken, der den betreffenden Querschnitt umkreist und den Magnet selbst kann man sich als ein System paralleler in sich geschlossener Ströme denken, deren Drehrichtung vom Südpol aus gesehen mit der Richtung des vorrückenden Zeigers einer Uhr übereinstimmt, vom Nordpol aus gesehen, aber im entgegensetzten Sinne des Uhrzeigers erfolgt.


Fig. 14.

Im nicht magnetischen Eisen und Stahl sind die Molekularströme zwar vorhanden, aber einander nicht parallel und heben sich in ihrer Wirkung gegenseitig auf.

Die Coërcitivkraft ist daher nach Ampère die Kraft des Widerstandes gegen die Parallelrichtung der Kreisströme. Der Sättigungspunkt tritt ein, wenn alle Molekularströme unter sich parallel geworden sind. An jedem Punkte im Innern des Magnetes fließen zwei Ströme von entgegengesetzter Richtung, so dass ihre Wirkungen nach Außen sich aufheben und nur die Oberflächenströme wirksam bleiben. (Fig. 14.)

Sind die ungleichnamigen Pole zweier Magnete einander zugekehrt, so sind in beiden Magneten die Oberflächenströme gleichgerichtet, folglich ziehen sie sich an. Bei gleichnamigen einander zugekehrten Polen sind die Ströme entgegengesetzt, daher erfolgt Abstoßung.

Diese Theorie schließt sich jedenfalls sehr gut den Thatsachen an, sowohl denjenigen, die früher schon bekannt waren, als auch jenen, welche durch Ampère erst entdeckt wurden.

Man muss ferner bemerken, dass sie nicht partiell bloß auf die elektromagnetischen Erscheinungen sich beschränke, sondern alle magnetischen Erscheinungen von elektrischen Strömen ableite und mithin zusammenfassend sei. Ampère gab auch den Ausdruck „elektromagnetische“ Kräfte als zu beschränk auf und wählte dafür die Bezeichnung „elektrodynamische“ Kräfte.

Mit Hilfe seines großen mathematischen Talentes gelangte er zur Aufstellung des elektrodynamischen Grundgesetzes, in welchem er angab, mit welcher Kraft zwei Stromelemente auf einander in der Richtung jener Linie wirken, welche ihre Mittelpunkte verbindet, wenn die Entfernung dieser Mittelpunkte, die Länge des einen und des anderen Stromelementes, die Stromstärke in dem einen und dem anderen Stromelemente, ferner der Winkel, den die Stromelemente mit einander bilden, endlich der Winkel, den jedes Stromelement mit der erwähnten Verbindungslinie macht, gegeben sind.

Die experimentelle Bestätigung der Ampère'schen Theorie war allerdings etwas mangelhaft. Oft hat er auf negative Resultate gebaut und seine Apparate waren zu Messungen nicht geeignet. Seine Theorie fand auch bei ihrer Bekanntmachung nicht den allgemeinen Beifall. In Frankreich trat ihr besonders Biot entgegen.

Nach Ampère ist zur experimentellen Begründung und Fortbildung dieser Theorie erst von W. Weber 1846 durch seine ausgezeichneten Arbeiten etwas Bedeutenderes geleistet worden. [232]) Wir werden diesem gründlichen Forscher noch an verschiedenen Stellen begegnen und wir bringen seine Biographie in der Geschichte der Telegraphie.

Da die Ampère'schen Apparate sich zu genauen Messungen deshalb nicht eigneten, weil der bewegliche Stromleiter eine nicht geringe Reibung zu überwinden hatte, so suchte Weber diese Schwierigkeit dadurch zu umgehen, dass er eine Drahtrolle bifilar aufhängte und die beiden Aufhängungsdrähte als Zuleiter für den Strom gebrauchte.

Er nannte seinen Apparat Elektrodynamometer. Mittels desselben wurde von Weber das elektrodynamische Grundgesetz nachgewiesen, dass die Anziehung und Abstoßung der Ströme dem Producte der Intensitäten der Stromstärken und dem Producte der auf einander wirkenden Stromlängen direct und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional ist.

Im J. 1878 hat A. v. Ettingshausen einen Apparat beschrieben, welcher die Ampère'schen Grundversuche mit größerer Sicherheit anzustellen gestattet.[238])

Aufsuchung der Gesetze für Elektromagnete.

§. 51. Vor allem muss hier in dankbarer Erinnerung eines Forschers gedacht werden, dessen unsterbliche Entdeckungen allerdings meist in das Gebiet der Astronomie und Optik fallen, der aber auch bei der Legung manches Grundsteines in dem Gebäude der Elektricität thätig war.

Dominique François Arago wurde am 28. Februar 1786 in Estagel bei Perpignan in den Pyrenäen als Sohn eines kleinen Grundbesitzers geboren.

In seiner Kindheit erregte er wenig Hoffnung, denn er hatte bereits sein 14. Lebensjahr erreicht, ohne geläufig lesen zu können. Desto rascher entwickelten sich dann seine geistigen Kräfte. Er konnte bereits 1804 in die berühmte Pariser polytechnische Schule eintreten und wurde nach glänzender Absolvierung derselben vom Minister des Innern der Commission zur Messung des Meridianbogens zwischen Dünkirchen und Barcelona zugetheilt. Nach manchen Abenteuern, da er zuerst von den Spaniern gefangen genommen, später einem algierischen Corsaren in die Hände gefallen war, kehrte er endlich im

Sommer 1809 nach Frankreich zurück. Seitdem ergab er sich mit ganzer Kraft den Naturwissenschaften und hat zu ihrem Fortschritte mächtig beigetragen, wie wir jetzt aus 16 Bänden seiner gesammelten Schriften entnehmen können.

Arago wurde bald nach seiner Rückkehr Professor an der polytechnischen Schule in Paris, im Jahre 1830 beständiger Secretär der Pariser Akademie, 1831 Mitglied der Deputiertenkammer und war im J. 1848 Kriegsminister der provisorischen Regierung. Er starb am 2. October 1853. Von ihm sagte Alexander v. Humboldt: „Der Gedanke macht mich stolz, dass ich ihm durch liebevolle Hingebung und durch die beharrliche Bewunderung, die in allen meinen Schriften Ausdruck fand, vierundvierzig Jahre hindurch angehört habe, und dass mein Name dann und wann an der Seite seines großen Namens genannt werden wird."

§. 52. Nachdem Arago im J. 1819 von der merkwürdigen Entdeckung Oerstedts vernommen und einigen solchen Versuchen beigewohnt hatte, welche de la Rive anstellte, theilte er schon im September 1820 der Akademie seine Entdeckung mit, dass ein von einem elektrischen Strome durchflossener Kupferdraht, wenn man Eisenfeilspäne auf ihn streut, dieselben festhält, indem sie sich senkrecht zu demselben stellen. Sobald er den Strom unterbrach, fielen die Eisenfeilspäne sofort ab. Um sich zu überzeugen, dass es sich hier um eine vorübergehende Magnetisierung und nicht um eine elektrische Anziehung handle, nahm er statt Eisenfeile andere leichte Körper, die aber durch Magnetismus nicht afficiert werden, und sah, dass solche vom Stromleiter nicht angezogen wurden.

Nach der Ampère'schen Theorie ergab sich, dass ein an einem magnetisierbaren Körper senkrecht gegen die Längsachse desselben vorübergeführter galvanischer Strom denselben in den magnetischen Zustand versetzen müsse. Als nun Arago Nadeln aus weichem Eisen neben den Leitungsdraht so legte, dass sie mit der Richtung desselben einen rechten Winkel bildeten, so fand er sie polar magnetisch, sobald der Strom durch den Draht gieng. Nach Unterbrechung des Stromes verloren die Nadeln sofort ihren Magnetismus. Er machte hierauf den Versuch mit

Nadeln aus hartem Stahl und fand, dass diese auch nach Unterbrechung des Stromes magnetisch blieben.

Sehr bald erkannten Arago und Ampère, dass ein Eisenstab kräftig magnetisch wird, wenn man einen galvanischen Strom in seidenumsponnenen Kupferdrahtwindungen, welche senkrecht zur Längenaxe des Stabes gestellt sind, immer nach derselben Richtung hindurchsendet, also wenn das Princip der Multiplication angewendet wird. Sie brachten die Eisenstäbe daher in die Achse einer Drahtspirale oder eines Solenoïds, oder legten den Stab in eine Glasröhre, um welche sie einen Leitungsdraht wickelten, durch den sie einen Strom schickten.

§. 53. Um die Gesetze für Elektromagnete zu finden, haben vorzüglich die Petersburger Physiker Lenz und Jacobi im Anfange des Jahres 1838 eine Reihe von Versuchen angestellt.[234])

Sie ermittelten als erstes Gesetz, dass der in weichem Eisen durch galvanische Ströme hervorgerufene Magnetismus der Stromstärke proportional sei. Joule fand bei verschiedenen Versuchen, dass die Proportionalität zwischen Stromstärke und Magnetismus für dünnere Stäbe und stärkere Ströme nicht mehr stattfindet, und wirklich erfuhr dieses Gesetz im Jahre 1850 durch Müller in Freiburg und in den Jahren 1852—1868 durch die genauen und umfassenden Untersuchungen von Dub in Berlin die Einschränkung, dass der erregte Magnetismus nur bis zu einer gewissen, bei dünnen Stäben früher, bei dicken später zu erreichenden Grenze in gleichem, über diese hinaus aber in abnehmendem Verhältnisse mit der Stromstärke wächst und sich dann einem überhaupt nicht zu überschreitenden Maximum nähert.

Zahlreiche Versuche von Dub, Wiedemann, Quintus Icilius und von Waltenhofen führten endlich zu dem Gesetze: Der Elektromagnetismus wächst anfangs etwas rascher als die magnetisierende Stromstärke, dann proportional mit derlben und bleibt hierauf, einem Maximum sich nähernd, immer eiter hinter derselben zurück.

Die Gesetze, welche Lenz und Jacobi zunächst entwickelten, aren: Wenn um einen Cylinder von weichem Eisen gleich

starke Ströme in gleich vielen Windungen herumgeführt werden, so ist der erregte Magnetismus gleich stark, mag nun der Draht, aus welchem die Windungen bestehen, dick oder dünn, und mag die Weite der Windungen groß oder klein sein, vorausgesetzt, dass die Enden des Eisenstabes weit genug auf beiden Seiten aus der Spirale hervorragen. Die Wirkung der engen Windungen stellte sich als stärker, als die der weiten heraus, sobald das Eisen nicht aus den Windungen hervorragte. Ferner ergab sich, dass die Gesammtwirkung aller einen Eisenkern umgebenden Windungen gleich ist der Summe der Wirkungen der einzelnen Windungen.

Über den Einfluss der Stabdicke fanden Lenz und Jacobi 1844, dass das magnetische Moment der Stabdicke direct proportional sei. Dub zeigte dagegen 1861, dass aus denselben Versuchen das Gesetz hervorgehe, der Elektromagnetismus eines Stabes sei der Quadratwurzel des Durchmessers proportional. Über den Einfluss der Länge fanden Lenz und Jacobi 1844, sowie Wiedemann 1864, dass das magnetische Moment stärker als mit dem Quadrate der Länge, aber weniger stark als mit der Wurzel aus der fünften Potenz zunimmt. Bezüglich der Anziehung eines Magnetpoles gegen ein Stück genähertes Eisen fanden Lenz und Jacobi 1838 und Dub 1851, dass derselbe mit dem Producte der beiden Magnetismen wachse, daher dem Quadrate der Stromstärke proportional sei.

Über die Tragkraft der Magnete haben Lenz und Jacobi eine Reihe von Versuchen mit großer Sorgfalt angestellt.[235]) Doch ließ sich kein allgemeines Gesetz aufstellen. Die beiden Physiker fanden, dass bei stärkeren Strömen die Tragkraft hufeisenförmiger Elektromagnete hinter ihren Erwartungen zurückblieb. J. Müller, Poggendorff, v. Waltenhofen, in neuester Zeit Stefan waren bemüht, über die nichts weniger als einfachen Beziehungen zwischen Tragkraft und Stromstärke Licht zu verbreiten. Man fand auch, dass die Tragkraft von der Masse und der Gestalt des Ankers abhängig sei und im Allgemeinen mit der Masse des Ankers wachse. Doch geht uns noch die nähere Kenntnis der Gesetze ab, denen dieser Einfluss unterworfen ist.

Ferner erschwerte bisher die Abhängigkeit des temporären Momentes von der Natur der Eisenstäbe die Untersuchung über die Abhängigkeit von der Form und Größe der Stäbe, da man bei Vergleichung von Stäben nie sicher ist, dass die molekulare Beschaffenheit der verglichenen Stäbe genau dieselbe ist. Den remanenten Magnetismus entdeckte Watkins 1833. Prof. v. Waltenhofen zeigte 1863, dass der magnetische Rückstand desto geringer ist, je rascher der magnetisierende Strom unterbrochen wird.

Anwendungen des Elektromagnetismus.

§ 54. Der Elektromagnetismus fand bald zahlreiche Anwendungen. Wir haben bereits erwähnt, dass er bei den Kohlenlichtregulatoren verwendet wurde.

Sehr bald kam man auf den Gedanken, galvanische Motoren zu construieren, d. h. den Elektromagnetismus, analog dem Dampfe, als Triebkraft zu benützen. Der Erste, welcher einen derartigen Apparat bereits 1829 zu Stande brachte, war Prof. Jedlička. Im Jahre 1831 construierte der Amerikaner Henry einen elektromagnetischen Motor. Dennoch wird gewöhnlich als Erfinder der elektromagnetischen Motoren Dal Negro in Padua genannt. Dieser stellte 1834 einen Apparat her, durch welchen eine Last von 180 Gramm in der Minute 1 Meter hoch gehoben werden konnte. Sein Motor beruhte auf der Oscillation eines Stahlstabes zwischen den wechselnden Polen eines Elektromagnetes.[236]) Um dieselbe Zeit beschäftigte sich auch Jakobi, der Erfinder der Galvanoplastik, mit der gleichen Frage und veröffentlichte im Jahre 1835 die Beschreibung seines Apparates, welcher sich im Principe darauf gründete, dass die wechselnden Pole eines Elektromagnetes abwechselnd anziehend und abstoßend auf die bleibenden Pole von Stahl- oder Elektromagneten wirken.[237])

Einen ähnlichen Motor construierte 1833 Ritchie und im Jahre 1835 erfanden die Niederländer Stratingh und Becker in Gröningen den ersten „elektromagnetischen Wagen". Im folgenden Jahre verfertigte Botto in Turin einen ähnlichen Wagen.[238])

In Amerika verfolgte man diesen Gegenstand mit großem Interesse und betrieb die Anfertigung solcher Motoren mit großem Eifer, aber meist ohne die dazu nöthigen wissenschaftlichen Kenntnisse, daher gieng man auch von den höchstgespannten Erwartungen aus. So meinte Davenport, ein Hufschmied in einem Dorfe bei Rütland im Staate Vermont, dass man mit zwei Elektromagneten die größten Maschinen mit weniger Kosten als durch Dampf treiben könne.

Bereits im Jahre 1838 hatte es Jacobi, der inzwischen nach Petersburg übersiedelt war, dahin gebracht, mittels eines elektromagnetischen Motors ein Boot auf der Newa zu treiben. Dieser Motor hatte 4 feste und 4 drehbare Magnete, die eine horizontale Achse und mit ihr ein Schaufelrad des Bootes drehten. Das Boot war etwa 8 Meter lang und 2·5 Meter breit. Die Batterie bestand aus 320 constanten Zink-Kupfer-Elementen, welche längs der Seitenwände des Bootes angebracht waren, so dass noch 12 Personen auf demselben Platz fanden.[239]) Im folgenden Jahre setzte Jacobi ein noch etwas größeres Boot, welches 14 Personen trug, mittels einer Batterie von 64 constanten Zink-Platin-Elementen in Bewegung. Die Kraft, mit welcher die Maschine arbeitete, betrug etwa 1 Pferdekraft.[240])

In Deutschland hat sich zu Anfang der Vierziger Jahre besonders Wagner in Frankfurt damit beschäftigt, den Elektromagnetismus als Triebkraft nutzbar zu machen. Der Fürst von Fürstenberg, ein Förderer wissenschaftlicher und industrieller Unternehmungen, stellte demselben zum Behufe der Anfertigung von Apparaten und der Anstellung von Versuchen die fürstlichen Werkstätten zu Riesdorf bei Stockach zur Verfügung. Doch konnte Wagner den gehegten Erwartungen nicht entsprechen. Alle Constructionen hatten bisher den Nachtheil, dass sie ein plötzliches Aufhören des Elektromagnetismus verlangten, was bekanntlich nicht zu erreichen ist.

Stöhrer suchte 1846 eine Verbesserung dadurch herzustellen, dass er nicht in dem Elektromagnet die Pole wechseln ließ, sondern die Richtung des Stromes in der Spirale, wodurch ebenfalls der vorher angezogene Elektromagnet nachher abgestoßen und so sammt seiner Achse in Rotation versetzt wurde.

Dessen ungeachtet waren die Resultate, welche mit diesem Apparate erzielt wurden, nicht von der Art, dass man hätte hoffen können, durch denselben den Elektromagnetismus als bewegende Kraft praktisch verwendbar zu machen.

Page, Professor der Chemie am Columbia-Collegium zu Washington, construierte im Jahre 1850 einen Motor, welcher auf die Anziehung sich gründete, welche eine von einem Strome durchflossene Drahtspirale auf einen weichen Eisenkern ausübt. Ein weicher Eisenkern wird abwechselnd bald in die eine, bald in die andere von zwei Drahtspiralen, deren Achsen genau in dieselbe Linie fallen, hineingezogen, je nachdem mittels eines Commulators der Strom durch die eine oder die andere Spirale geleitet wird. Diese hin- und hergehende Bewegung wird mittels einer Treibstange an einem Schwungrade in eine rotierende verwandelt.[241]) Dieser Apparat erfuhr im Laufe einiger Jahre verschiedene Veränderungen.

Im Jahre 1863 construierte Grüel einen elektromagnetischen Motor, bei welchem die intermittierenden Pole eines Elektromagnetes zeitweise anziehend auf weiches Eisen wirken. Die Anziehung erfolgt bei diesem Motor aus der möglichst geringen Entfernung. Auf dasselbe Princip gründete auch Froment seinen Motor, bei welchem eine ungeheuere Geschwindigkeit entwickelt wird.[242])

Von den zahlreichen übrigen, theilweise auch in die Industrie übergegangenen elektromagnetischen Motoren wollen wir jenen von Kravogl, einem Mechaniker in Wilten bei Innsbruck, hervorheben. Dieser Apparat wurde von ihm im Jahre 1867 erfunden und construiert, und erregte in der Pariser Ausstellung desselben Jahres großes Interesse. Er zeichnet sich besonders dadurch aus, dass er den plötzlichen Pol- oder Stromwechsel umgeht. Nach den Messungen des Prof. v. Waltenhofen übertrifft dieser Motor die besten bis dahin construierten Apparate um das Achtfache.[243]) Besonders günstig hinsichtlich es Nutzeffectes hat sich ferner ein von Martin Egger in Iariaschein erfundener Motor herausgestellt.[244])

J. Müller fand auch eine Mittheilung von einer elektromagnetischen Locomotive, welche von Davidson erbaut war,

und auf der Edinburg-Glasgower Eisenbahn eine Probefahrt mit der allerdings geringen Geschwindigkeit von 4 englischen Meilen in der Stunde machte.

So lange man als Stromquelle einzig auf die galvanischen Batterien angewiesen war, stellte sich wegen des Materialverbrauches die elektro-magnetische Triebkraft als eine zu kostspielige heraus. Ganz anders aber gestalten sich die Verhältnisse, wenn man die elektrischen Ströme in magnet- und dynamoelektrischen Maschinen durch directen Aufwand von Arbeit erzeugt und diese Ströme dann in eine zweite Dynamomaschine leitet und diese dadurch in Bewegung versetzt.

§. 55. Dass es seit der Erfindung der Uhren immer ein vergebliches Streben war, Uhren von durchaus gleichmäßigem Gange herzustellen, ist bekannt. Wer erinnert sich nicht auch dabei an den deutschen Kaiser Karl V., der sich im Kloster St. Just vergebens bemühte, dies zu Stande zu bringen. Mit der Entdeckung des Elektromagnetismus ist es nicht nur möglich geworden, die von einer richtig gehenden Uhr angezeigte Zeit auf eine beliebige Anzahl in beliebigen Entfernungen aufgestellten Zifferblätter zu übertragen, oder Zeigerwerke mit selbständigem Gangwerke nur in bestimmten, meist größeren Zeitintervallen durch elektromagnetische Wirkung richtig zu stellen, sondern es gelang auch, Uhren herzustellen, bei denen der Elektromagnetismus an der Stelle eines Gewichtes oder einer Feder als Motor wirkt.

Steinheil, dessen Name in der Geschichte der Telegraphie eine hervorragende Stelle einnimmt, scheint der erste gewesen zu sein, der im Jahre 1839 die zweite Art elektrischer Uhren zur Ausführung brachte. Er hat nämlich an den im königl. Institute für junge Damen in München befindlichen Uhren eine Vorrichtung angebracht, mittels deren die Übereinstimmung sämmtlicher, durch einen Leitungsdraht mit der Normaluhr verbundener Uhren in regelmäßigen Zeittheilen hergestellt wurde.[245])

Unabhängig von Steinheil hat Wheatstone noch in demselben Jahre seinen und Cooke's Zeigertelegraphen zur Mittheilung der Zeit benutzt,[246]) während fast gleichzeitig Bain

auftrat, um die Ehre der ersten Erfindung einer elektrischen Uhr für sich in Anspruch zu nehmen.[247]) Er construierte eine Uhr, die durch Elektromagnetismus bewegt wurde und ein elektrisches Zeigerwerk, bei welchem die Bewegung von Secunde zu Secunde von einer Normaluhr auf beliebig viele entfernte Zifferblätter übertragen werden konnte. Viel vollkommener war das System von Garnier,[248]) sowohl mit Rücksicht auf die Construction der Normaluhr, als auch bezüglich des Indicators. Seine Uhren sind seit einer Reihe von Jahren auf allen Stationen der Pariser Gürtelbahn in Verwendung. Im Jahre 1848 construierte E. Stöhrer in Leipzig eine elektrische Uhr, wobei derselbe wie Steinheil, Wechselströme zum Betriebe benutzte. Diese Uhren wurden im Jahre 1849 in Leipzig eingeführt, nach einer Reihe von Jahren aber wieder außer Betrieb gesetzt.

Seitdem wurden unzählige Versuche bezüglich der Vervollkommnung dieser Apparate unternommen. Im Jahre 1871 waren in vielen Straßen von Frankfurt am Main Uhren von Fritz im Gange, welche durch eine Normaluhr getrieben wurden.

Bréguet's Zeigerwerk ist zur Anbringung in Straßenlaternen bestimmt.[249]) Eine ungemein einfache Construction besitzen die Uhren von Siemens und Halske.[250])

Unter den vielen anderen bisher construierten Uhren wollen wir nur noch nennen die elektrische Uhr von Prof. Glösener in Lüttich, welche durch Inductionsströme betrieben wird, die von der Normaluhr abgesendet werden, das elektrische Zeigerwerk von Hipp,[251]) welches die weiteste Verbreitung gefunden hat, die Systeme von Liais, Kramer, Geist, Arzberger u. A. Eine Beschreibung sämmtlicher Systeme findet man in dem XIII. Bande der elektrotechnischen Bibliothek.

§. 56. Die galvanisch registrierenden Uhren, welche dazu dienen, einen absoluten Zeitmoment zu notieren, sind zuerst in Nordamerika zu Ende der Vierziger Jahre von Professor Locke erfunden und vorzüglich für astronomische Beobachtungen in Anwendung gebracht worden.[252])

Das erste elektrische Chronoskop, dazu bestimmt, sehr kleine Zeitunterschiede zu messen, erfand Wheatstone im Jahre 1840.[253]) Seine nächste Absicht war, die Zeit zu

messen, welche Geschützkugeln zum Durchlaufen beliebiger Strecken ihrer Bahn brauchen. Die erste Idee, sehr kleine Zeittheilchen zu messen, stammt von Young 1804.

Im Jahre 1843 ließ der russische Artilleriehauptmann von Konstantinoff nach seinen Ideen in Paris einen sehr complicierten Apparat von Breguet anfertigen. Seitdem sind ähnliche Apparate auf die verschiedenste Weise hergestellt worden von Pouillet, dem Mechaniker und Uhrmacher Hipp, W. Siemens u. A. Für physiologische Versuche wurden sogenannte Myographions construiert von Helmholtz, Valentin, Du Bois Reymond u. A.[254])

§. 57. Die Elektromagnete fanden auch ferner eine Anwendung zum Studium des Diamagnetismus, welcher im Jahre 1845 von Faraday entdeckt wurde. Bis dahin hatte man nur das Eisen, eine Verbindung desselben mit Sauerstoff und seine Verbindungen mit Kohle, nämlich Stahl und Gusseisen und außerdem noch Nickel und Kobalt als magnetische Substanzen kennen gelernt. Versuche mit anderen Substanzen hatten kein positives Resultat ergeben. Allerdings hatte man bereits im vorigen Jahrhunderte nicht selten bei kräftigen Magneten eine Einwirkung ihrer Pole auch auf andere Substanzen als die früher angeführten beobachtet, aber man schrieb diese Einwirkung einem Eisengehalte der betreffenden Substanzen zu. Schon im Jahre 1778 hatte Brugmanns die Abstoßung des Wismuths durch Magnetpole beobachtet. Le Baillif fand dieselbe Erscheinung im Jahre 1827 und hielt sie für neu. Diese älteren Beobachtungen fanden als isoliert stehende Erscheinungen wenig Beachtung.

Da machte Faraday die wichtige Entdeckung, dass die Pole eines kräftigen Magnetes auf alle Körper, theils anziehend, theils abstoßend wirken, und dass Körper, bei denen eine Dimension vorherrscht, wenn sie sich in horizontaler Ebene frei zwischen zwei Magnetpolen umdrehen können, sich entweder axial oder äquatorial stellen.[255]) Von ihm stammt auch die Eintheilung der Körper in paramagnetische, welche sich axial stellen, und in diamagnetische, welche die äquatoriale Lage annehmen.

Nachdem Faraday laut seiner Erfahrungen ein langes Verzeichnis von diamagnetischen Körpern angeführt hat, macht er hierzu folgende Bemerkung: „Es ist sonderbar, eine Liste von Körpern wie diese zu sehen, welche sämmtlich diese merkwürdige Eigenschaft zeigen, und seltsam macht es sich, dass Holz, Fleisch oder ein Apfel dem Magnete gehorcht oder von ihm abgestoßen wird. Wenn ein Mensch nach Dufay'scher Weise mit hinlänglicher Empfindsamkeit aufgehängt und in das magnetische Feld gebracht werden könnte, würde er sich äquatorial richten; denn alle Substanzen, aus denen er gebildet ist, mit Einschluss des Blutes besitzen diese Eigenschaft."

Um das Verhalten von Flüssigkeiten zu untersuchen, füllte Faraday dieselben in dünnwandige Glasröhren, Plücker dagegen setzte dieselben in Uhrgläsern auf sehr nahe gerückte, keilartig zugeschliffene Halbanker (1848). Beide Forscher experimentierten auch mit Gasen, mit brennbaren, mit gefärbten und mit solchen, die sie in dünnwandige Röhrchen oder Seifenblasen einschlossen. Plücker stellte im Jahre 1861 in Bonn eine große Reihe solcher Experimente an.

Faraday hatte anfänglich zur Erklärung dieser Erscheinungen angenommen, dass in einem diamagnetischen Körper durch die Nähe eines Magnetpoles Ströme erzeugt werden, welche den Ampère'schen Strömen des Magnetes entgegengesetzt sind, so dass gleichnamige Pole einander gegenüber zu stehen kämen, während in magnetischen Körpern mit dem Magnete gleichgerichtete Ströme erzeugt werden, so dass sich ungleichnamige Pole einander gegenüber stehen. Faraday hat jedoch diese Ansicht wieder aufgegeben, während dieselbe Reich und später Tyndall als die richtige erklärten. Wir wollen hier nur noch bemerken, dass nach der Weber'schen Theorie des Diamagnetismus diese Erscheinungen durch inducierte Molekularströme erklärt werden, welche sich nicht in der Masse des diamagneschen Körpers von einem Molekül zum andern fortschreitend ewegen, daher ungeschwächt fortdauern, während die gewöhnichen Inductionsströme, welche sich durch die Masse des Körpers ewegen, alsbald verschwinden.[256])

Die Anwendungen der Elektromagnete in der Telegraphie werden in dem später folgenden Capitel „Geschichte der Telegraphie“ behandelt.

Entdeckung der Thermoströme.

§. 58. Nachdem wir über die Entdeckung der chemischen, physiologischen, thermischen und magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes seit Galvani berichtet haben, so glauben wir vor allem nun jene Entdeckungen der Physiker der letzten Decennien vorführen zu sollen, welche ergeben haben, dass auch umgekehrt galvanische Ströme durch Wärme, Magnetismus, chemische und physiologische Vorgänge erzeugt werden können.

Bezüglich des chemischen Vorganges haben wir bereits an der betreffenden Stelle hervorgehoben, dass oft Chemismus als Ursache eines elektrischen Stromes angesehen werden muss, und dass die chemische Theorie sogar jeden elektrischen Strom als das Product eines chemischen Processes ansieht.

Wenden wir uns daher sogleich zu einer anderen Ursache galvanischer Ströme, zur Wärme. Seebeck in Berlin gelangte im Jahre 1821 durch den Multiplicator zur Entdeckung solcher Ströme, welche durch Wärme hervorgerufen werden. Als er das eine freie Ende eines kupfernen Multiplicatordrahtes bis zum Rothglühen erhitzte und dann mit dem anderen kühleren Ende in Berührung brachte, bemerkte er eine Ablenkung der Magnetnadel. Er bemerkte ferner, dass in einem aus einem einzigen Metalle gebildeten geschlossenen Bogen, wenn er an einer Stelle erwärmt oder erkaltet wird, ein Strom entsteht, der durch eine kleine Magnetnadel angegeben werden kann. Seebeck und Sturgeon fanden zu solchen Versuchen besonders Wismuth und Antimon geeignet. Sie bildeten einen rechteckigen Rahmen von Antimon, der in der Ebene des magnetischen Meridians aufgestellt und auf dessen oberem Theile eine Magnetnadel angebracht war. Wurde die eine der längeren Seiten des Rahmens Punkt für Punkt erhitzt, so ergaben sich gewisse sogenannte „neutrale Punkte“. Geschieht die Erwärmung in der Nähe eines solchen Punktes, so zeigt die Ab-

lenkung der Magnetnadel die Existenz eines elektrischen Stromes an, der seine Richtung ändert, je nachdem man den Rahmen auf der einen oder der anderen Seite des „neutralen Punktes" erhitzt. In solchen Rahmen von Antimon passiert der elektrische Strom den neutralen Punkt stets von der warmen zur kalten Seite. Auch in gegossenen Rahmen von Wismuth fanden die genannten Forscher neutrale Punkte, allein hier zeigte der Strom stets die umgekehrte Richtung, so dass er also den neutralen Punkt vom kalten Theile zum warmen passierte.

Ehe wir die von Seebeck an einem aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Bogen gemachte Beobachtung mittheilen, wollen wir der Zeit noch etwas vorgreifen und besonders die späteren Arbeiten von Mateucci und Magnus an einem Bogen aus einem Metalle erwähnen. Mateucci hat 1838 eine specielle Untersuchung über diesen Gegenstand angestellt[257]) und gefunden, dass man in solchen Rahmen von Antimon oder Wismuth, die nach dem Gusse sehr langsam erkaltet sind und deren Krystallisation regelmäßig ist, niemals neutrale Punkte findet. Dagegen hat er beobachtet, dass sich dieselben überall da zeigen, wo die Krystallisation des Metalles durch zu schnelle Abkühlung oder durch irgend eine andere Ursache gestört worden ist.

Die Untersuchungen von Magnus[258]) im Jahre 1851 haben besser als die seiner Vorgänger zur Erkenntnis der Bedingungen verholfen, unter denen die Wärme in einem gleichartigen metallischen Leiter einen elektrischen Strom erzeugen kann. Die Enden der Drähte, welche Magnus der Untersuchung unterwarf, waren mit einem Galvanometer verbunden. Die Dicke der Drähte änderte zwischen 1 und 5 Millimeter ab, und ihre Länge war mindestens 1·30 Meter, so dass sie an einer Stelle erhitzt werden konnten, ohne dass sich die Temperaturerhöhung bis zu den Punkten fortpflanzte, an denen sie mit dem Galvanometerdrahte verbunden waren. Übrigens waren alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, um diese Punkte genau auf derselben Temperatur zu erhalten.

So kam Magnus zu dem Resultat, dass durch Erhitzung eines gleichartigen Metalldrahtes kein elektrischer Strom

entstehe, wenn der Durchmesser des Drahtes überall gleich, seine Oberfläche blank und von jeder Oxydschicht gereinigt und seine Härte in allen Punkten dieselbe ist. Er studierte hierauf den Einfluss der ungleichen Dicke, des Zustandes der Oberfläche und der Verschiedenheiten in der Härte, und fand, dass die Verschiedenheiten in der Dicke eines gleichartigen Metalldrahtes, ebenso Verschiedenheiten in der Oberfläche desselben ohne Einfluss auf die Entstehung thermoelektrischer Ströme seien und dass eine Ungleichheit in der Härte nahe bei den Stellen, wo die Erhitzung vorgenommen wird, die einzig mögliche physikalische Ursache ist, aus welcher in einem gleichartigen und zusammenhängenden Metalldrahte ein elektrischer Strom entstehen kann. Die Richtung des Stromes an der erwärmten Stelle hängt von der Natur des Metalles ab. Zu diesem letzten Resultate gelangte Magnus, indem er Drähte nahe bei den Stellen, wo die harten und weichen Theile an einander grenzten, erhitzte. Becquerel hat bei seinen Untersuchungen über die thermoelektrischen Ströme ein sehr einfaches Verfahren angegeben, durch welches man in einem aus einem einzigen zusammenhängenden Draht bestehenden Metallbogen einen Strom von dynamischer Elektricität erzeugen kann. Ein Platindraht, in dessen Mitte man einen Knoten geschürzt oder von dem man ein Stück spiralförmig zusammengewunden hat, wird mit den Enden eines Galvanometerdrahtes verbunden. Wenn man dann den Draht in der Nähe des Knotens oder der Spirale durch eine Spiritusflamme erhitzt, so zeigt die Magnetnadel die Existenz eines elektrischen Stromes an, welcher in dem Platindrahte von der erhitzten Stelle nach dem Knoten oder der Spirale hin gerichtet ist. Magnus ist der Ansicht, dass der so erhaltene Strom seine Entstehung einer molecularen Änderung verdankt, welche der Draht an der erhitzten Stelle erlitten hat.[259])

Wenden wir uns nun zu den Entdeckungen bei Metallbogen aus zwei verschiedenen Metallen.

Im Jahre 1823 machte Seebeck die Entdeckung,[260] dass in einem ganz metallischen Leiter, welcher aus einem Wi muthstäbchen und einem auf dieses aufgelötheten Kupferbüg zusammengesetzt war, ein Strom entstand, sobald er einer d

beiden Löthstellen eine höhere Temperatur ertheilte, als die andere hatte. Diesen Strom beobachtete er mittels einer Magnetnadel, welche innerhalb des aus jenen beiden Metallen bestehenden geschlossenen Rahmens auf einer Spitze schwebte. Er überzeugte sich durch fernere Versuche, dass im Allgemeinen in jedem aus zwei verschiedenen Metallen gebildeten Ringe ein Strom entstehe, wenn die eine Löthstelle wärmer ist als die andere.

Seebeck nannte die auf diese Weise entstandenen Ströme thermoelektrische und einen aus zwei Metallen, die an zwei Stellen zusammengelöthet sind, gebildeten Bogen oder Rahmen ein thermoelektrisches Element.

Durch die Untersuchungen von Seebeck, Becquerel, Cummig zu Cambridge [261]) u. a. ist man auch dahin gelangt, die Metalle in eine Reihe zu ordnen, welche man die thermoelektrische Spannungsreihe nennt.

Die von Seebeck ursprünglich aufgestellte Spannungsreihe war folgende: Wismuth, Nickel, Kobalt, Palladium, reines Platin, Uran, reines Kupfer, Mangan, Titan, Messing, Quecksilber, Blei, Zinn, Chrom, Molybdän, Rhodium, Iridium, Gold, Silber, Zink, Wolfram, Cadmium, Stahl, reines Eisen, Arsenik, Antimon, Tellur. Die geringste Verunreinigung eines Metalles änderte dessen Stelle in dieser Reihe. [262])

Ferner zeigte Watkins, dass der Thermostrom auch Magnetismus errege [263]), und zwar brachte er mit einer Kette aus 30 Paaren Wismuth und Antimon in Platten von $1\,^1/_2$ Quadratzoll Oberfläche und $^1/_3$ Zoll Dicke einen Elektromagnet zu Stande, der 90 Pfund trug. Die Erregung geschah einerseits durch die Strahlung von glühendem Eisen, anderseits durch Eis. Obwohl die Thermosäulen bekanntlich in der Regel nur schwache Ströme liefern [264]) und in Verbindung mit einem Multiplicator besonders als Thermoskope benutzt wurden (Nobili und Melloni 1833), so ist es doch gelungen, auch alle übrigen Wirkungen ervorzubringen, die man von anderen elektrischen Strömen ennt.

Nobili hat zuerst mittelst eines thermoelektrischen Stromes uckungen an Forschschenkeln hervorgebracht, Botto in Turin

gelang es mittels einer Platineisensäule von 120 Elementen von 1 Z. Länge und 1/4 Z. Dicke, gesäuertes Wasser zu zersetzen; Becquerel zerlegte gar mit einem einzigen Elemente aus Platin und Kupfer Metallsalze, wenn er den Pol des Elementes mit jenem Metall bekleidete, dessen Oxyd dem Salze zur Basis diente; Antinori brachte mit einer Säule aus 25 Antimon-Wismuthelementen einen glänzenden Funken hervor, wenn er die Kette durch einen spiralförmigen, langen, um einen weichen Eisenstab gewundenen Draht schloss; Watkins endlich erzielte dasselbe mit einer einfachen Antimon-Wismuthkette, die er durch einen zusammengerollten Kupferstreifen, dessen Windungen durch einen isolierenden Stoff getrennt waren, schloss. Derselbe hat auch mit einer massiven Thermosäule von 218 Wismuth-Antimonelementen von 4 Zoll Länge an einem Luftthermometer bemerkliche Temperaturerhöhung erzeugt. [265])

In neuerer Zeit sind unter Benutzung von Metallegierungen auch Thermosäulen von bedeutender Kraft zusammengestellt worden, so die vom Wiener Mechaniker Markus 1864, Fr. Noë 1870 und Clamond. Durch Anwendung einer Anzahl von Noë'schen Thermosäulen ist es dem Professor von Waltenhofen [266]) sogar gelungen, elektrisches Kohlenlicht zu erzeugen, welches Resultat auch die Clamond'schen Thermosäulen zu liefern im Stande waren. [267])

Bunsen, Stefan [268]) u. a. haben 1864 beobachtet, dass verschiedene in der Natur vorkommende Schwefelmetalle mit Kupfer oder auch unter einander verbunden thermoelektrische Elemente von großer elektromotorischer Kraft liefern.

§. 59. Über eine Theorie der Thermoelektricität haben sich die Physiker noch durchaus nicht geeinigt. Die einen sehen nach der älteren Ansicht in der Thermoelektricität nur eine Verallgemeinerung der Contactelektricität. Die Untersuchungen von Thomson und von Avenarius haben nämlich ergeben, dass es für jede Combination zweier Metalle eine gewisse „Neutraltemperatur“ gibt, d. h., dass, so oft das arithmetische Mittel der Temperaturen der Löthstellen dieser Neutraltemperatur gleich ist, kein Strom entsteht, dass aber, sobald die Mitteltemperatur höher oder tiefer als die Neutraltemperatur

liegt, ein Strom geht, und zwar in beiden Fällen eine entgegengesetzte Richtung hat.

Nach dieser Theorie wird angenommen, dass die elektromotorische Kraft der Thermoelektricität mit jener der Contactelektricität identisch sei und nur bei verschiedener Temperatur einen verschieden großen Wert erlange.

Dagegen hat im J. 1874 Fr. Kohlrausch eine neue Theorie der Thermoelektricität veröffentlicht, [269]) nach welcher angenommen wird, dass mit jedem Wärmestrome in bestimmtem, von der Natur des Leiters abhängigem Maße ein elektrischer Strom verbunden sei. Prof. v. Waltenhofen hat 1877 experimentelle Belege zu Gunsten der neuen Theorie veröffentlicht. [270])

Ohm's Fundamentalgesetz.

§. 60. Das dritte Decennium dieses Jahrhundertes war für die Elektricitätslehre sehr reich an Entdeckungen und Forschungsresultaten. In jener Zeit wurde der Einfluss des elektrischen Stromes auf Magnetnadeln durch Oerstedt und die magnetisierende Wirkung des Stromes auf Eisen und Stahl durch Arago entdeckt, Davy fand den galvanischen Lichtbogen, Seebeck entdeckte die Thermoelektricität, Ampère stellte seine elektrodynamischen Gesetze und eine neue Theorie über den Magnetismus auf.

In die zweite Hälfte des dritten Decenniums fällt auch die Entdeckung eines Gesetzes, durch welches die Lehre vom Galvanismus erst eine festere Grundlage erlangt hat und durch dessen Hilfe eine präcisere Methode in die galvanischen Forschungen eingeführt werden konnte, es war das Gesetz, nach welchem die Stromstärke der elektromotorischen Kraft direct, dem Leitungswiderstande umgekehrt proportional ist. Dieses Gesetz wurde von Ohm 1827 entdeckt[271]) und nach ihm benannt.

Georg Simon Ohm, geb. 16. März 1787 zu Erlangen, wurde 833 Professor an der polytechnischen Schule zu Nürnberg nd 1849 Professor der Physik in München, woselbst er am . Juli 1854 starb. Seinen Ruf begründete er durch die Nach-

weisung des nach ihm benannten Gesetzes. Er hat es theoretisch abgeleitet und mehrfach experimentell bewiesen. Je mehr dann die experimentelle Methode von Fechner, Kohlrausch u. a. verbessert wurde, mit desto größerer Schärfe ergab sich die Exactheit des Gesetzes.

Ohm bediente sich bei der experimentellen Nachweisung seines Gesetzes der thermoelektrischen Elemente, weil er in diesem Falle den Leitungswiderstand der Elemente selbst, welcher die Einfachheit der ersten Resultate stören konnte, gegen den Widerstand willkürlich eingeschalteter Stromleiter vernachlässigen durfte. Die Enden der Thermokette tauchte Ohm in schmelzendes Eis und siedendes Wasser.

Aus diesem Gesetze konnte die Wissenschaft erst vollen Gewinn ziehen, als man begann, allgemein bestimmte Einheiten für Stromstärke, Leitungswiderstand und elektromotorische Kraft anzuwenden und die Constanten galvanischer Elektromotoren numerisch zu bestimmen, so dass man mit Genauigkeit den Effect berechnen kann, den eine gegebene galvanische Combination unter bestimmten Verhältnissen geben kann und muss.

So kam es, dass dieses Gesetz erst viel später die allgemeine Würdigung fand, die es verdient. So hielt z. B. Smee nicht viel auf das Ohm'sche Gesetz, denn er sagt:[272]) „In dieser Formel fehlen die Quantität und die Intensität und sie passt einzig auf die Contacttheorie, keineswegs auf die chemische Theorie der Säule, welche man jetzt allgemein in England angenommen hat.“

Auf die Entdeckung dieses Gesetzes machte auch Pouillet Anspruch, der auf einem anderen, fast ganz experimentellen Wege zu diesem Gesetze fast gleichzeitig mit Ohm gelangte. Doch wurde die Priorität unbedingt Ohm zugesprochen, indem die Publication der Arbeit Ohms älter ist, als die der Experimente von Pouillet. Da es in den ersten Jahren noch an Ketten fehlte, welche constante Ströme zu liefern im Stande waren, überdies den Experimentierenden keine verlässlichen Instrumente zur Messung der Stromstärke zur Verfügung standen, so war die experimentelle Bestätigung dieses Gesetzes mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden.

§. 61. Man musste ferner auch über die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes linearer Leiter vom Querschnitte und dem Materiale ins Reine kommen. Dass der Leitungswiderstand bei Drähten von derselben materiellen Beschaffenheit der Länge des Stromleiters direct und dem Querschnitte umgekehrt proportional ist, hat Pouillet durch directe Untersuchungen nachgewiesen. Die Untersuchungen über den Leitungswiderstand verschiedener Metalle wurde später durch Rheostate erleichtert, wie sie Jacobi 1841, Poggendorff 1841, Wheatstone 1843 und Eisenlohr 1845 construierten.

Es handelte sich noch um Feststellung der Einheiten, in welchen die elektromotorische Kraft und der Leitungswiderstand des Schließungsleiters und der Kette auszudrücken waren.

Als Einheit des Widerstandes wählte man 1846 nach Jacobi's Vorschlag einen genau cylindrischen Kupferdraht von 1 Meter Länge und 1 Millimeter Durchmesser. Da aber gerade beim Kupfer der specifische Leitungswiderstand theils schon durch geringe chemische Verunreinigungen, theils durch mechanische Behandlung bedeutend verändert wird, so schlug Siemens 1860 ein Quecksilberprisma von 1 *m* Länge und 1 mm^2 Querschnitt bei 0^0 Temperatur vor. Die Vortheile dieser Einheit bestehen offenbar darin, dass sich das Quecksilber leicht in vollkommener Reinheit herstellen lässt, dass es unabhängig ist von den Verschiedenheiten der Molekularzustände, welche feste Körper zeigen, dass der Leitungswiderstand des Quecksilbers sich bei Änderungen der Temperatur wenig ändert und dass sein bedeutender Widerstand meistens nur kurze Säulen nöthig macht.

Selbst Jacobi hat sich später für die Siemens'sche Quecksilbereinheit erklärt. Langsdorf schlug die Silbereinheit vor 1853, da er es für sehr leicht hielt, Drähte von chemisch reinem Silber immer von gleichem Widerstande zu erhalten. Diese Einheit ist auch häufig angenommen worden.

Die British Association, d. i. der englische Gelehrtenverein zur Förderung der Fortschritte der Wissenschaft hat im Jahre 1864 eine von Weber bereits 1846 aufgestellte Widerstandseinheit angenommen und empfohlen. Sie versendet davon

Etalons aus Drahtgewinden einer Platin-Silberlegierung, welche den geringsten Procentverlust von allen bisher untersuchten Metallen bei der Erwärmung zwischen 0° und 100° *C.* zeigte. Die British Association hat diese Widerstandseinheit Ohm zu Ehren, mit dem Namen Ohmad oder Ohm bezeichnet.

Um die Constanten galvanischer Rheomotoren zu berechnen, wurden verschiedene Methoden von Ohm 1830, Wheatstone, Fechner's Vergleichungsmethode 1830, und zur Messung der elektromotorischen Kraft von Poggendorf 1845, du Bois-Reymond u. A. Compensationsmethoden angewendet, [273]) welche darauf beruhen, den Strom des zu untersuchenden Elementes gar nicht zustande kommen zu lassen, sondern ihn durch einen gleich starken Gegenstrom zu compensieren. Hierher gehört auch die Siemens'sche directe Widerstandsmessung 1874.

Das Ohm'sche Gesetz setzte uns in den Stand, die Abhängigkeit der Stromstärke von der Anzahl und Größe der Elemente einer galvanischen Batterie zu beurtheilen und bei einer bestimmten Quantität Elektromotoren die vortheilhafteste Einrichtung einer galvanische Kette zu treffen. Durch Faraday sind die Begriffe der Quantität und Intensität eines elektrischen Stromes eingeführt worden.

Bei Stromverzweigungen die Intensitäten des Stromes in jedem einzelnen Stromzweige aus dem Ohm'schen Gesetze abzuleiten, unternahmen zuerst mit Erfolg Ohm selbst 1827 und Pouillet, später Poggendorff und W. Weber und Kirchhoff 1847, indem letzterer zeigte, dass sich alle Aufgaben, welche die Stromverzweigung darbietet, mittels zweier von ihm durch höhere mathematische Behandlung aufgefundener Grundgesetze lösen lassen: 1. Die Summe der Stromstärken in allen denjenigen Drähten, die in einem Punkte zusammenstoßen, ist gleich Null. 2. Die Summe der Producte der Stromstärken und der Widerstände aller eine geschlossene Figur bildenden Drähte ist gleich der Summe aller in dem betreffenden Stromkreise vorhandenen elektromotorischen Kräfte.

Messungen der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes.

§. 62. Mit den Arbeiten über Leitungswiderstand, Leitungsfähigkeit u. s. w. begannen auch Untersuchungen über die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes.

Die erste Messung der Schnelligkeit des elektrischen Stromes bezog sich auf die Reibungs-Elektricität und wurde von Wheatstone im Jahre 1834 angestellt, welcher fand, dass die Elektricität in einem Kupferdrahte per Secunde den Weg von 60.600 österreich. Meilen zurücklege. Er gebrauchte dabei Kupferdrähte, welche 1·7 *mm* Durchmesser hatten. Seine Methode mit dem rotierenden Spiegel, welche in jedem Lehrbuche der Physik beschrieben ist, wurde durch Feddersen sehr vervollkommnet.[274]) Dies Resultat kann wegen der Schwierigkeit einer scharfen Messung der Drehungsgeschwindigkeit des Spiegels und der Verschiebung des Funkenbildes offenbar nur für ein beiläufiges gelten. Die ersten Messungen an Telegraphenleitungen wurden in Amerika gemacht und die erste Veröffentlichung darüber erfolgte im Jahre 1849 durch Walker.[275]) Er gab an, an einer Telegraphenleitung mit Eisendraht, welcher einen Durchmesser von 3 *mm* hatte, eine Schnelligkeit von 3950 österr. Meilen gefunden zu haben und glaubt das Resultat auf ± 30 Meilen verbürgen zu können. Mitschel[276]) fand in demselben Jahre und an derselben Leitung aber mit Hilfe eines anderen Instrumentes die Geschwindigkeit von über 6000 Meilen. Im Februar 1850 fand Gould[277]) die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes gleich 3600 Meilen. Fizeau und Gounelle bestimmten im Jahre 1850 an französischen Telegraphenleitungen die Geschwindigkeit zu 23.700 Meilen in Kupfer- zu 13.200 Meilen in Eisendraht.[278]) An den Leitungen zwischen London und Brüssel und zwischen London und Edinburg fand Airy bei ersterer eine Schnelligkeit von 573 Meilen, bei der zweiten eine von 1615 Meilen. Eine weitere französische Messung von Guillmin und Burnouf ergab für die Geschwindigkeit in einem Eisendraht 23.700 Meilen. Clark fand nach einer in London angestellten Messung bei einem zur Probe versenkten Kabel von 162 Meilen Länge eine Geschwindigkeit von 211 Meilen,

in einem zweiten Versuche dagegen von 320 Meilen per Secunde.

Mit besonderer Genauigkeit hat endlich Werner Siemens Messungen ausgeführt und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Eisendraht zu 31.000 geogr. Meilen angegeben. Kirchhoff hat die Geschwindigkeit auf theoretischem Wege in einer widerstandslosen Leitung auf 41.000 geogr. Meilen berechnet, nach welchem Resultate die Elektricität sich nahe so schnell wie das Licht bewegt, was mit der neuen Theorie der Elektricität von Edlund, der als Medium der elektrischen Erscheinungen den Lichtäther annimmt, übereinstimmen würde.[279])

Nach Edlund in Stockholm ist die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung der Ätheratome nicht zu verwechseln mit der Geschwindigkeit, womit die elektrische Bewegung fortgepflanzt wird. Die letztere könne höchstens gleich jener des Lichtes sein, da ja diese die Geschwindigkeit der Wellenbewegung im freien Äther bedeutet. Edlund hält daher die von Wheatstone aufgefundene Geschwindigkeit der Elektricität im Kupferdrahte, 62.000 Meilen, für zu groß.

Er hält die Resultate von Fizeau und Gonnelle, welche die Geschwindigkeit mit 23.700 Meilen im Kupferdrahte angaben, für wahrscheinlicher, besonders da diese Forscher die Unabhängigkeit der Geschwindigkeit von der Stromstärke und dem Leitungsquerschnitt wahrnahmen, was mit der Äthertheorie stimmt, da nach dieser die Geschwindigkeit nur von der Elasticität und Dichte des Äthers abhängt.

So sehr überhaupt die verschiedenen Beobachtungsresultate von einander abweichen, so beweisen alle diese Versuche doch, dass für terrestrische Entfernungen die Zeit, welche die Elektricität bedarf, um einen Leiter zu durchlaufen, kaum in Betracht zu ziehen ist. Über die Schwierigkeit solcher Messungen äußerte sich der verdienstvolle Telegraphen-Inspector Dr. Hermann Militzer in folgender Weise:[280]) „Die Schnelligkeit der Elektricitäts-Bewegung messen, würde nur heißen, die Zeit angeben, welche von dem Zustande, wo die Elektricität an einer bestimmten Stelle des Leiters Null ist, bis zu dem Momente verfließt, in welchem der elektrische Strom an derselben Stelle mit hin-

reichender Stärke auftritt, um das gebrauchte Messinstrument afficieren zu können. Nun ist aber diese Zeit offenbar abhängig erstens von der Entfernung des Messinstrumentes von der Batterie (nach der Länge des Leiters gemessen), zweitens von der individuellen Empfindlichkeit des Instrumentes, von der Größe der dynamischen Ladung, welche der Leiter immer erst annimmt, ehe in ihm ein permanenter Strömungszustand eintritt. Jede Änderung eines dieser Umstände hat nothwendig eine Änderung des gefundenen Resultates der Messung zur Folge, und man sieht, dass man, so lange man nicht die speciellen Umstände einer Messung angibt und in Rechnung bringt, auf diesem Wege zu gar keinem Resultate über die Schnelligkeit des galvanischen Stromes im Allgemeinen gelangen kann."

Faraday entdeckt die Inductionsströme.

§. 63. Nachdem Ampère seine Theorie des Magnetismus aufgestellt hatte, nachdem man begonnen, die magnetische Wirkung als eine besondere Art der elektromotiven Wirkungen anzusehen, musste man wohl auf den Gedanken kommen, dass auch der Magnetismus dahin gebracht werden könne, Elektricität zu erzeugen, sowie es bei der Elektricität gelungen, magnetische Wirkungen hervorzubringen.

Alle Versuche jedoch, solche Resultate zu erhalten, blieben durch längere Zeit fruchtlos.

Faraday machte im Jahre 1825 den Versuch, mittels eines Leitungsdrahtes, durch welchen der Strom einer Volta'schen Kette geleitet wurde, in einem benachbarten Drahte Elektricität in ähnlicher Weise zu erregen, wie es ein mit Reibungselektricität geladener Conductor im Stande ist; allein sein Versuch gelang nicht. Wäre er bereits gelungen, so wäre der Gedanke nahe gelegen, dass man auch mittels eines Magnetes, der als eine Reihe von elektrischen Strömen angesehen werden darf, Elektricität erzeugen könne.

Weitere Versuche, welche von Arago, dann in England von Barlow, Christin, Herschel und Babbage noch vor dem Jahre 1831 angestellt wurden, zeigten, dass die schnelle Drehung

einer Conductorplatte in der Nähe eines Magnetes die Entstehung einer Kraft veranlasse, die auf den Magnet einwirkt, aber diese Versuche führten nicht zu dem gewünschten Ziele. Da wendete sich in dem genannten Jahre Faraday wieder diesem Gegenstande zu, und fand auch nach einigen vergeblichen Experimenten, was er suchte, obschon in einer anderen Gestalt, als er früher erwartet hatte.

Der erste von Faraday beobachtete Fall der Induction war nämlich die Erregung eines elektrischen Stromes in einem geschlossenen Leiter in dem Augenblicke, in welchem ein Strom in dessen Nähe geschlossen oder unterbrochen wurde.

Ein Kupferdraht von 62 Meter Länge wurde um eine Holzwalze gewickelt und zwischen seinen Windungen, aber von denselben isoliert ein zweiter eben solcher Draht. Die beiden Enden des einen dieser Drähte wurden mit einer kräftigen galvanischen Batterie, die Enden des anderen mit einem Galvanometer verbunden.

In dem Augenblicke der Drahtschließung mit der Batterie, wurde die Galvanometernadel wie durch einen Stoß abgelenkt, kam aber wieder bald zur Ruhe, in welcher sie nun verharrte, so lange der Strom geschlossen war. In dem Augenblicke der Unterbrechung des Stromes jedoch wurde die Nadel wieder wie durch einen Stoß, aber in entgegengesetzter Richtung von der früheren abgelenkt. Die Ablenkung der Nadel erfolgte im ersten Falle gerade so, als ob durch den entstehenden Strom in den parallelen Windungen der zweiten Spirale ein dem entstehenden Strome der Richtung nach entgegengesetzter Strom erzeugt würde, im zweiten Falle im Augenblicke der Unterbrechung des Stromes aber, als ob der verschwindende Strom einen ihm gleich gerichteten hervorriefe.

§. 64. Einmal im Besitze dieser Thatsache stieg Faraday sofort die Leiter seiner Entdeckungen rasch hinauf bis zu der Stelle, von welcher er den Gegenstand in seiner ganzen Allgemeinheit übersehen konnte. Statt den Strom der Batterie plötzlich herzustellen und zu unterbrechen, entfernte er einen geschlossenen Kreis aus der Nähe eines Stromes, oder den Strom aus der Nähe eines geschlossenen Kreises und brachte dadurch

ganz ähnliche Erscheinungen hervor. Es entstand ein Inductionsstrom, dessen Dauer gleich der Dauer der Bewegung des Leiters oder Stromes war. Bei Annäherung des Leiters an den Strom beobachtete Faraday in dem Leiter einen Strom von entgegengesetzter, bei Entfernung des Leiters einen Strom von gleicher Richtung. Ebenso bemerkte er, dass, so oft in der Nähe des Leiters die Stärke des inducierenden Stromes geändert wurde, auch ein Inductionsstrom entstand, welcher bei Verstärkung des Hauptstromes die entgegengesetzte Richtung von diesem, bei Schwächung des Hauptstromes dagegen dieselbe Richtung hatte.

Wurde in der Nähe eines Leiters Magnetismus erregt, so entstand in dem Leiter ein Strom von entgegengesetzter Richtung zu jener der postulierten Elementarströme des Magnetes. Beim Verschwinden des Magnetismus dagegen hatte der Strom dieselbe Richtung wie jene Elementarströme. Wurde ein Magnet dem Leiter genähert, so zeigte der entstehende Inductionsstrom die entgegengesetzte, beim Entfernen des Magnetes die gleiche Richtung mit den Elementarströmen des Magnetes.

Dass diese Auffassung der Wirkung auf die Magnetnadel in der That richtig ist, gelang Faraday bald nachzuweisen, indem er fand, dass diese inducierten Ströme alle Wirkungen der elektrischen Ströme zeigen.

Bald nach der Entdeckung der Induction durch Faraday stellte Lenz das nach ihm benannte Gesetz auf: So oft die relative Lage eines Magnetes oder eines Stromes gegen einen Stromleiter geändert wird, entsteht im letzteren ein Inductionsstrom, welcher die entgegengesetzte Bewegung zu jener hervorzurufen strebt, durch welche er selbst entstanden ist.

§. 65. Auch die Induction durch den Erdmagnetismus hat Faraday bereits im Jahre 1832 entdeckt, indem er fand, dass auch die Erde die Stelle eines Magnetes vertreten, dass schon die bloße Bewegung einer Drahtspirale unter gewissen Umständen in derselben einen, wie es schien, augenblicklichen Strom erzeugen könne.[281]) Der Ideengang, der zu diesem Experimente führte, war nämlich folgender. Da ein Kreisstrom durch den Erdmagnetismus gerichtet wird, so muss auch durch

eine entsprechende Drehung eines von keinem Strome durchflossenen Kreises um eine in seiner Ebene liegende Achse durch den Erdmagnetismus allein ein Strom induciert werden. Die bloße einfache Bewegung eines Galvanometerdrahtes, sagt Faraday, war schon hinreichend, eine elektrodynamische Wirkung auf die Magnetnadel zu äußern.

Nach Faraday wurde die Induction durch den Erdmagnetismus zunächst durch einige italienische Naturforscher weiter verfolgt. Linari und Palmieri construierten einen magnetoelektrotellurischen Inductionsapparat, mit welchem sie durch erdmagnetische Induction ohne Vermittlung von weichem Eisen, Funken, Schläge und Wasserzersetzung hervorbrachten. Zweihundert Windungen eines 1·5 *mm* dicken Kupferdrahtes waren auf einen elliptischen Rahmen gewickelt, dessen große Achse 2·2 *m* und dessen kleine Achse 0·6 *m* betrug. Die große Achse dieser Ellipse diente, auf dem magnetischen Meridian senkrecht stehend, als Umdrehungsachse.[282])

W. Weber hat 1854 von dieser Induction durch den Erdmagnetismus eine sehr interessante Anwendung zur Messung der Inclination gemacht.

§. 66. Faraday entdeckte ferner, dass die Windungen eines und desselben Drahtgewindes eine inducierende Wirkung auf einander ausüben, wodurch in demselben Drahte, in welchem der Hauptstrom geht, bei jeder Unterbrechung desselben, ein Strom erregt wird, welchen er Extrastrom (Extracurrent) nennt. Die erste Äußerung dieser Induction ist von dem englischen Physiker Jenkin und dem französischen Physiker Masson gemacht worden 1834. Dove hat durch eine Reihe von Versuchen außer Zweifel gesetzt, dass der Extrastrom, wenn er beim Schließen der Kette entsteht,[283]) eine dem Hauptstrom entgegengesetzte Richtung hat, und daher die Wirkung des Hauptstromes schwächt, und dass beim Öffnen der Kette die Richtung des dabei erzeugten Extrastromes mit der des Hauptstromes übereinstimmt, daher auch die Wirkung des letzteren verstärkt wird.

Am unzweideutigsten hat Edlund den Extrastrom zu Anfang des primären nachgewiesen.[284])

Faraday hat bereits den Extrastrom zu erklären gesucht, indem er sagt: Da ein elektrischer Strom, welcher eine Spirale durchfließt, in den parallelen Windungen des Nebendrahtes beim Schließen der Kette einen entgegengesetzten, beim Öffnen einen gleich gerichteten Strom induciert, so erzeugt er, wenn dieser Nebendraht fehlt, in seinem eigenen Leitungsdrahte, da eine Windung auf die andere inducierend wirkt, in ähnlicher Weise Inductionsströme.

§. 67. Schon im Jahre 1831 versuchte Faraday auch mittels der Entladungen einer Leydenerflasche Inductionsströme hervorzubringen.[285]) Er erhielt nur zweifelhafte Resultate bezüglich der Magnetisierung von Stahlnadeln. Allein er fügt hinzu: „Es folgt daraus noch nicht, dass die elektrostatische Entladung durch einen Metalldraht nicht ähnliche Effecte hervorbringen könne, wie der Volta'sche Strom; aber da es wegen der kurzen Dauer des Entladungsschlages unmöglich scheint, die Effecte, welche durch den Beginn der Entladung hervorgebracht werden, von den gleichen und entgegengesetzten zu trennen, welche das Ende der Entladung herbeiführt, so ist man kaum zu der Hoffnung berechtigt, dass man diese Wirkung experimentell werde studieren können."

Im Jahre 1834 kündigte Masson[286]) in einem an die Akademie der Wissenschaften zu Paris gerichteten Briefe an, dass es ihm gelungen sei, eine Stahlnadel durch Inductionsströme zu magnetesieren, welche er durch die Entladungen einer Leydenerflasche erzeugt habe.

Fast gleichzeitig (1839) ist es Rieß und Marianini gelungen, nachzuweisen,[287]) dass Inductionsströme auch durch Reibungselektricität erzeugt werden. Rieß gebrauchte dazu zwei ganz gleiche flache Spiralen, deren Windungen in Holz eingelassen und bestmöglich isoliert waren. Bringt man die Ebenen dieser Spiralen nahe an einander, verbindet die Drahtenden der einen Spirale mit den Belegungen einer Leydenerflasche und schließt die andere Spirale, indem man die an den Drahtenden derselben befestigten Conductoren mit den Händen fasst, so erhält man bei jeder Entladung der Flasche durch den inducierten Strom einen Schlag. Stehen diese Drahtenden nahe

an einander, so sieht man bei jeder Entladung zwischen denselben einen Funken überspringen.

Marianini fand, dass in einer Inductionsspirale eine Stahlnadel magnetisiert wurde, sobald die Entladung der Flasche durch den Hauptdraht erfolgte.

Faraday hatte nicht geglaubt, dass bei der Kürze des Entladungsschlages einer Leydenerflasche dieser Strom imtande sei, Inductionswirkungen hervorzubringen, da der Schließungsstrom und Öffnungsstrom so nahe zusammenfallen würden, dass sie sich gegenseitig aufheben. Allerdings konnten mit diesen so nahe zusammenfallenden Strömen keine Wirkungen erzielt werden, welche von der Richtung des Stromes abhängen, dagegen konnten aber diese Inductionsströme durch physiologische Wirkungen wie wir soeben erwähnten, aber auch durch Wärmewirkungen mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Rieß hatte nämlich die Inductionsspirale mit einem elektrischen Luftthermometer geschlossen und beobachtet, dass jedesmal, wenn durch die inducierende Spirale die Entladung einer Leydenerflasche geführt wurde, in dem Thermometer eine Temperaturerhöhung eintrat.

Noch etwas früher als Rieß hatte Henry in Amerika die Induction elektrischer Ströme durch Reibungselektricität nachgewiesen. Doch muss die Entdeckung von Rieß als eine selbstständige erklärt werden, da letzterer von den Arbeiten Henry's jenseits des Oceans noch nichts wissen konnte.

Die Induction von Strömen durch die äußerst schnell erfolgenden Entladungsströme einer Leydenerflasche führte zur Vermuthung, dass auch die Inductionsströme selbst wieder in geschlossenen Leitern neue Inductionsströme (Inductionsströme höherer Ordnung) erzeugen können.

Henry hat das Vorhandensein solcher Ströme im Jahre 1841 nachgewiesen,[288]) und konnte noch die Existenz eines Inductionsstromes der fünften Ordnung darlegen.

Specielle Untersuchungen über die inducierende Wirkung elektrostatischer Entladungen wurden auch von Dove[289]), Mateucci[290]) und Buff[291]) ausgeführt.

Eine sehr vollständige Untersuchung, welche sich besonders durch die Genauigkeit des experimentellen Verfahrens auszeichnet, wurde von Verdet[292]) im Jahre 1848 veröffentlicht. Wegen der Unsicherheit der Resultate, die man durch die Magnetisierung von Stahl und weichem Eisen, und durch die galvanometrischen Angaben erhält, benutzte Verdet die elektrolytischen Effecte der Inductionsströme, um daran die inducierende Wirkung der elektrostatischen Entladungen zu studieren.

§. 68. Die Induction von Strömen in leitenden Metallmassen von beliebiger Form ist viel früher beobachtet worden, ehe Faraday die Inductionsströme entdeckte, sie wurde aber erst nach Faraday's Entdeckung als solche erkannt. Gambey beobachtete im Jahre 1824, dass eine unter dem Einflusse des Erdmagnetismus schwingende Magnetnadel eine stärkere Abnahme der Amplitude zeigte, wenn sie nahe über einer größeren Masse von Kupfer sich befand. Dasselbe beobachtete Arago, ohne die eigentliche Ursache dieser Erscheinung zu ahnen. Ähnliches erfolgte, wenn die Nadel über einem anderen Metalle in Schwingungen versetzt wurde.

Bald darauf 1825 zeigte Arago, dass man durch Drehen einer Metallscheibe, einer oberhalb hängenden Magnetnadel, welche durch eine zwischengelegte Glastafel vor dem entstehenden Luftstrome geschützt ist, eine constante Ablenkung im Sinne der Drehung ertheilen kann. Er fand auch, dass diese Ablenkung mit der Winkelgeschwindigkeit der Rotation wächst und bis über 90° gesteigert werden kann, worauf die Nadel ganze Umdrehungen macht.

Aus den Versuchen von Arago, Foucault, Faraday ergab sich ferner, dass die Geschwindigkeit der Rotation nicht das einzige Element sei, von dem die Größe der Einwirkung eines bewegten Körpers auf einen Magnet abhängt, sondern dass die Größe der Ablenkung auch abhängig sei von dem Metalle, aus dem die Scheibe besteht, dass nämlich die Ablenkung mit der Leitungsfähigkeit des Metalles zunimmt, dass ein starker Magnet durch dieselbe Scheibe stärker abgelenkt wird, als ein schwacher, dass zur Erzeugung einer großen Einwirkung ein gewisses Verhältnis in der Größe des Magnetes und der Kupferscheibe nöthig

ist, und dass die Einwirkung desto geringer ist, je weiter der Magnet von der Scheibe entfernt ist.

Arago empfahl, die Stärke eines Magnetes nach dem Gewichte zu schätzen, das man ihm anhängen muss, um ihn durch eine Scheibe, die mit einer gewissen Geschwindigkeit rotiert, um einen gewissen Winkel abzulenken.

Der oben erwähnte Versuch Arago's wurde umgekehrt von Babbage und Herschel, welche durch Drehung eines Hufeisenmagnetes unterhalb einer Kupferplatte diese in Rotation versetzten (1825). Endlich hat Faraday die Drehung eines kupfernen Würfels, welcher zwischen den beiden Polen eines starken Elektromagnetes durch Torsion seines Aufhängefadens in lebhafte Rotation versetzt war, durch Schließung des Stromes beinahe momentan zur Ruhe gebracht. Den gleichen Effect erzielte Foucault, als er eine Kupferscheibe zwischen den Polen eines Elektromagnetes in rasche Rotation versetzt hatte. Ferner bemerkte Foucault, dass eine solche Scheibe, so lange der Magnet nicht in Thätigkeit gesetzt ist, ohne große Mühe in rasche Rotation versetzt werden kann, dagegen einen größeren Kraftaufwand erfordert, als ob eine Reibung eintreten würde, sobald der Strom durch die Windungen des Elektromagnetes geht. Joule constatierte 1843, dass eine zwischen den Polen eines starken Elektromagnetes rotierende Scheibe sich erwärmt.

Alle diese Erscheinungen fasste Arago unter dem Namen Rotationsmagnetismus zusammen. Faraday erklärte sie als eine Folge der in den rotierenden oder ruhenden Metallmassen erregten Inductionsströme.

Der Verlauf der Inductionsströme in Scheiben ist vorzüglich von Faraday, Mateucci und Nobili untersucht worden.

§. 69. Der Erste, welcher einen Versuch machte, einen inneren Zusammenhang zwischen den Inductionserscheinungen und den elektrodynamischen Erscheinungen darzulegen, war Fechner, Professor der Physik an der Universität Leipzig, der sich jedoch dabei nur auf den einen Fall der Induction beschränkte, in welchem ein ruhender constanter Strom auf einen gegen ihn bewegten Leitungsdraht wirkt.[293])

Vorher waren die elektrodynamischen und die Inductionserscheinungen durch Lenz bloß durch eine empirische Regel in Beziehung zu einander gesetzt worden.

F. Neumann, Professor der Physik und Mineralogie an der Universität Königsberg, hat der Akademie in Berlin eine mathematische Theorie der inducierten Ströme übergeben, nach welcher die inducierte elektromotorische Kraft in allen Fällen berechnet werden kann, wenn auch die Rechnungen vielfach mit großen Schwierigkeiten verknüpft sind.[294])

W. Weber hat aus seiner Theorie der Elektrodynamik eine Theorie der Induction entwickelt, gegen welche mehrfache Einwürfe von Thomson und Tait, insbesondere aber von H. Helmholtz erhoben worden sind.[295])

Geschichte der Inductionsmaschinen.

§. 70. Die ersten elektromagnetischen Inductionsapparate wurden von Neef in Frankfurt a/M. verfertigt und im Jahre 1838 auf der Versammlung der deutschen Naturforscher in Freiburg i. B. vorgezeigt. Bei denselben wurde, vorzüglich bei den kleinen, der Extrastrom benützt.

Die beträchtliche Spannung, welche Masson bereits im Jahre 1836 an den durch die Volta'sche Säule erzeugten Inductionsströmen wahrgenommen hatte, beschäftigte seinen Geist gleich zu Anfang seiner Entdeckung dergestalt, dass er daran dachte, sie für Zwecke der statischen Elektricität nutzbar zu machen. Gegen das Jahr 1842 ließ er wirklich in Verbindung mit Bréguet einen ziemlich bedeutenden Apparat construieren, welcher seine Erwartungen erfüllte, denn ungeachtet der schlechten Isolierung des Drahtes und obwohl nur der Extrastrom dabei angewendet wurde, konnte er im leeren Raume einen Funken erhalten, der stark genug war, um die an den beiden Polen sich kundgebenden Lichterscheinungen als von einander völlig verschieden zu erkennen. Er brachte auf diese Weise einen in dem sogenannten elektrischen Ei ausgespannten Platindraht zum Glühen, doch gelang es ihm nicht, einen elektrischen Funken auf eine gewisse Entfernung in der atmosphärischen

Luft überspringen zu lassen. Als Unterbrecher gebrauchte er ein metallenes gezähntes Rad.

Im Jahre 1848 construierte Du Bois-Reymond seinen Schlittenapparat, den er vorzüglich für medicinische Zwecke bestimmte, und wobei er als Stromunterbrecher den im J. 1839 von Wagner in Frankfurt und durch Neef beschriebenen magnetischen Hammer verwendete. Solche Selbstunterbrechungen haben Anwendung gefunden bei vielen Apparaten z. B. bei einer Art telegraphischer Lärmglocken, welche Wheatstone 1839 construierte.

Im Jahre 1851 erfand Ruhmkorff, ein deutscher Mechaniker in Paris, den nach ihm benannten Funkeninductor.[296]) Da man damals die Frage über die Anwendbarkeit der Elektricität als Triebkraft ventilierte, so wurde im Jahre 1855 in Frankreich ein Preis von 50.000 Francs für die Erfindung der kräftigsten und zweckmäßigsten Elektrisiermaschine ausgeschrieben, welcher Preis auf fünf Jahre ausgesetzt war. Da jedoch im Jahre 1860 keine der Maschinen den Anforderungen entsprach, so wurde der Preis keinem Bewerber zugesprochen, sondern der Termin auf weitere fünf Jahre verlängert. Nach Ablauf dieser Zeit im Jahre 1865 war zwar keine neue Maschine erfunden, aber Ruhmkorff hatte inzwischen Funkeninductoren von bedeutenden Dimensionen hergestellt, auch in einigen Details an seinen Maschinen wesentliche Verbesserungen angebracht, so dass er mit denselben staunenswerte Wirkungen erzielte. Infolge dessen sah sich die Commission veranlasst, dem Mechaniker Ruhmkorff den ausgesetzten Preis zuzuerkennen.

Ruhmkorff hatte nämlich sein Augenmerk vorzüglich auf eine vollkommene Isolierung des Drahtes gerichtet. An Stelle des einfachen Wagner'schen Hammers verwendete er besonders für die großen Apparate eigene Unterbrecher, welche Foucault unter Ausführung eines Vorschlages von Poggendorff construierte, da letzterer gezeigt hatte, dass es vortheilhaft sei, die Unterbrechung statt in der Luft in einer schlecht leitenden Flüssigkeit vor sich gehen zu lassen. Bei den größten Apparaten wächst die Länge des $^1/_5$ *mm* dicken Drahtes der Inductionsspirale auf 100000 Meter.

Da Ruhmkorff endlich die Überzeugung gewonnen hatte, dass die Benutzung magnet-elektrischer Ströme zur Erzeugung von Inductionsströmen vortheilhafter sei, als die Anwendung eines gewöhnlichen inducierenden Volta'schen Stromes, so brachte er in die hohle Achse der inducierenden Drahtspirale ein Bündel Eisendrähte an, deren Wirksamkeit bedeutender ist, als die eines einzigen massiven Eisencylinders.[297]) Mit einem solchen Apparate konnten schon nicht bloß an den Enden der geöffneten Inductionsspirale, sondern selbst indem man dieser Spirale einen Körper näherte, Funken hervorgelockt werden.

Fizeau hat die Wirkung des Ruhmkorff'schen Apparates durch die Anwendung des Condensators noch bedeutend gesteigert.

Als Ruhmkorff einmal mit einem seiner größeren Apparate experimentierte, kam der französische Physiker Quet zufällig mit den beiden Leitungsdrähten in Berührung, wodurch er zu Boden geworfen wurde. Er würde wahrscheinlich das Leben verloren haben, wenn ihm nicht Ruhmkorff sogleich zu Hilfe geeilt wäre. Die Erschütterungen, welche er erlitten, waren so heftig, dass er einige Zeit zu Bette liegen musste, und doch bestand die Batterie, welche solche Wirkung hervorbrachte, nur aus sechs Elementen. Mit solchen Apparaten konnten Funken in freier Luft auf mehrere Centimeter unter knallendem Geräusche an den Enden der Inductionsspirale hervorgelockt werden.

Funkeninductoren von hoher Vollendung erzeugte auch Stöhrer in Dresden, welcher bei seinen neueren Apparaten einen Quecksilber-Interruptor in Anwendung brachte.

Man begann nun auch die Funkeninductoren zur Minenzündung zu verwenden, weil die Funkenzündung sich als sicherer als die Glühzündung in jenen Fällen herausstellte, in denen es sich darum handelt, mehrere benachbarte Minen gleichzeitig zu entzünden. Da jedoch die Anwendung derselben zu diesem Zwecke wegen der dabei erforderlichen galvanischen Batterie umständlicher ist, als die Anwendung einer magnetelektrischen Maschine, so wendete man sich bald diesen, namentlich den Sprengapparaten von Marcus und Siemens zu.[298])

Was den Inductionsfunken im gasverdünnten Raume betrifft, so hat das Beobachtungsmaterial und die Literatur über diesen Gegenstand einen sehr großen Umfang erreicht.[299]) Wir erinnern an die Versuche von Gassiot, später von Geissler, dann jene von Hittorf und dem englischen Physiker Crookes über Entladungen von Inductionsfunken durch Glasgefäße, deren Luft man über die gewöhnlich erreichbaren Verdünnungsgrade hinaus verdünnt hat. Crookes gründete auf seine Beobachtungen eine eigenthümliche Hypothese, welche auf der Annahme eines vierten Aggregatzustandes beruht, den er, einer älteren Ausdrucksweise Faraday's folgend „strahlende Materie" nannte, da sie gewisse Eigenschaften und Bewegungsgesetze zu besitzen schien, welche an die Licht- und Wärmestrahlen erinnern. Es hatte nämlich schon im Jahre 1816 der damals noch jugendliche Physiker Faraday die Frage aufgeworfen, ob denn der gasförmige Zustand das letzte erreichbare Ziel des Auseinanderrückens der Moleküle sei, oder ob es jenseits des gasförmigen Zustandes noch einen ferneren Zustand der Materie geben könnte, der wieder eben so weit von ihm entfernt sei, wie er selbst von dem tropfbarflüssigen, und der deshalb auch seinen besonderen Namen verdienen würde, nämlich den der „strahlenden Materie."

Obwohl Crooke's Hypothese von der Mehrzahl der Physiker bekämpft wurde, so veranlasste sie dennoch eine Reihe von neueren Untersuchungen von Reitlinger, E. Goldstein, Gintl, J. Puluj, Voller, Zoch u. a.

§. 71. Die Entstehung der magnetelektrischen Maschinen[300]) reicht weiter zurück als jene der Elektromagneto-Inductionsapparate.

Schon bald nachdem Faraday die Inductionsströme entdeckt hatte, construierte Pixii in Paris (1832) eine magnetische Inductionsmaschine, bei welcher der Magnet und nicht das weiche Eisen mit den Inductionsspiralen rotierte. Er gab sich der Hoffnung hin, durch seine Maschine die damals noch sehr unvollkommenen galvanischen Batterien unnöthig zu machen, welche überhaupt auch jetzt noch nach allen Verbesserungen ihre Schattenseiten haben, da ihre Unterhaltungskosten im Vergleiche zu ihrer

Leistungen zu hoch sind und die Erhaltung constanter Ströme von großer Stärke, wie sie für bedeutende Arbeitsleistungen nöthig werden, mittels derselben fast unmöglich ist.

Aber Pixiis Maschine litt an dem Fehler, unterbrochen zu wirken und Ströme von wechselnder Richtung und geringer Stärke zu geben. Eine große Hufeisenbatterie zu drehen nahm viel Kraft in Anspruch. Außerdem waren mit dieser Drehung unvermeidlich Erschütterungen der Stahlmagnete verbunden, wodurch die magnetische Kraft immer mehr geschwächt wurde. Man kam daher bald auf die Idee, die Einrichtung umzukehren, nämlich die Hufeisenbatterie fix zu belassen, und die Spulen mit den Eisenkernen vor den Magnetpolen um eine Mittelachse zu drehen.

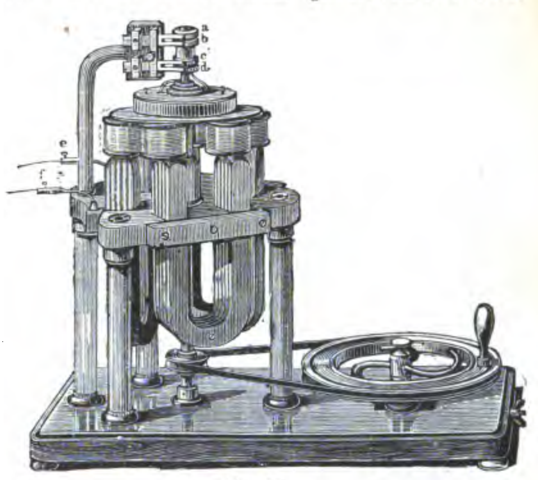


Fig. 15.

Solche Maschinen waren die von Saxton, Clarke, Ettingshausen, Petřina und Stöhrer in Leipzig, welcher im Jahre 1848 eine für stärkere Wirkungen eingerichtete magnetelektrische Maschine (Fig. 15) construierte, bei welcher mittels eines Triebrades sechs Inductionsrollen an drei Hufeisenmagnet-Magazinen vorübergeführt wurden. An dem obersten Ende der stehenden Wellen befand sich der Commutator.

Die ersten magnetelektrischen Maschinen, bei denen eben Stahlmagnete angewendet wurden, giengen kaum über den Gebrauch in physikalischen Cabineten hinaus. Mit Maschinen nach dem Principe Stöhrers wurden jedoch so befriedigende Resultate erzielt, indem man die Anzahl der Inductorrollen und Magnetpole vermehrte, dass man sie auch in der Praxis zu verwenden begann. Die größten Maschinen baute Nollet für die

französische Gesellschaft l'alliance zur Erzeugung des elektrischen Kohlenlichtes auf Leuchtthürmen. Die Maschine „l'alliance" war ein wahres Ungeheuer aus 40 Hufeisenmagnet-Magazinen zusammengesetzt, zwischen deren Polen 64 Spulen rotierten.

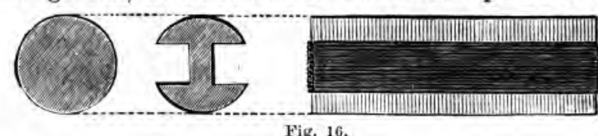
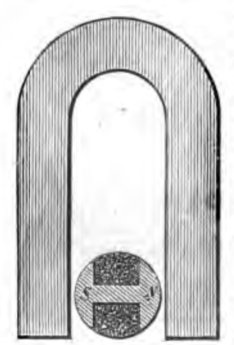


Fig. 16.

Die Hauptmängel aller dieser älteren Maschinen waren: 1. Die Ströme können niemals stetig sein wie die Batterieströme; sie sind vielmehr durch Pausen unterbrochene Stromstöße. Es rotiert nämlich jede Spule in einem Kreise von einem Pol zum andern, in einem um so größeren Kreise, je größer die Hufeisen sind; in den Momenten, in denen die Spulen weit von den Polen entfernt sind, können die Inductionsströme nur bis zum Verschwinden schwach sein, und nur, wenn sie ganz an die Nähe dieser Pole heranrotieren, können Ströme von nutzbarer Stärke entstehen.



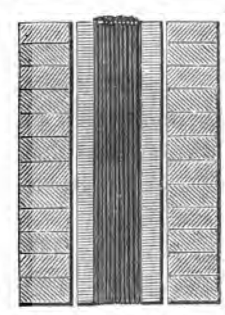


Fig. 17.

2. Ein weiterer Nachtheil dieser Maschinen ist die Nothwendigkeit der Stahlmagnete, denn die Kraft derselben wächst nicht in demselben Verhältnisse wie ihre Größe.

3. Endlich haben alle Commutatoren, welche die Stromrichtung erhalten, den Nachtheil der Funkenbildung und dadurch auch der Stromschwächung.

Um den ersten Nachtheil so viel als möglich zu verringern, construierte Werner Siemens in Berlin 1857 den sogenannten Inductionscylinder, nämlich einen langen, massiven Eisencylinder an zwei gegenüber liegenden Seiten so tief ausgeschnitten, dass nur eine schmale Mittelrippe zwischen zwei sichelförmigen Seitenstücken übrig bleibt (Fig. 16 zeigt im mittleren Theile den Querschnitt) und

bei dem die zwei entstehenden Nuthen der Länge nach mit zahlreichen Windungen isolierten Drahtes ausgefüllt sind. Dieser Cylinder liegt zwischen den Polen einer langen Reihe von ganz gleichen Hufeisenmagneten (Fig. 17 zeigt dies im Grund- und Aufriss). Die Schenkel der Hufeisenmagnete sind so nahe als möglich am Cylinder angebracht, welcher mit größter Geschwindigkeit um seine eigene Achse zwischen den Polen rotiert. Aus diesen beiden Ursachen sind die im Drahte des Cylinders inducierten Ströme viel stärker als bei den früheren Maschinen, auch entstehen kürzere Unterbrechungszeiten und der Strom ist mehr gleichmäßig fließend wie bei den Batterien. (Fig. 18 zeigt eine kleine Siemens'sche Handmaschine.)

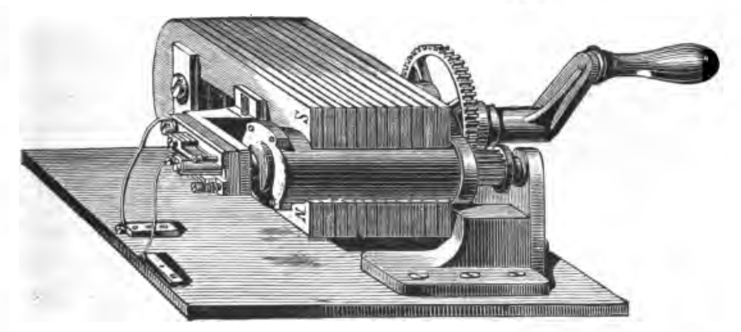


Fig. 18.

Allerdings wird durch den Siemens'schen Inductionscylinder der stete Wechsel des Stromes nicht beseitigt. Die Maschine von Siemens bedarf eines Commutators.

Im Jahre 1866 erfand H. Wilde eine magnetelektrische Maschine, bei welcher der Siemens'sche Cylinder Anwendung gefunden. Ein großes Hufeisenmagazin (Fig. 19) wird auf dem Deckel eines Kastens aufgestellt und zwischen den Polen dieses Magazins ein Siemens'scher Inductor mittelst der Schnurläufe *D* in Rotation versetzt, wodurch in dem Drahte des Cylinders Inductionsströme entstehen, welche, nachdem sie durch einen Commutator gleich gerichtet werden, in die Windungen eines großen, von zwei Eisenplatten gebildeten Elektromagnetes *BB* geleitet werden. Zwischen den Polflächen desselben wird mittels der Schnurläufe *D'* ein zweiter längerer und dickerer Induc-

tionscylinder bewegt, wodurch in dem Drahte desselben bedeutend starke Ströme erzeugt werden, welche als Arbeitsströme durch die Drähte *x* und *y* an die Arbeitsstelle geleitet werden.

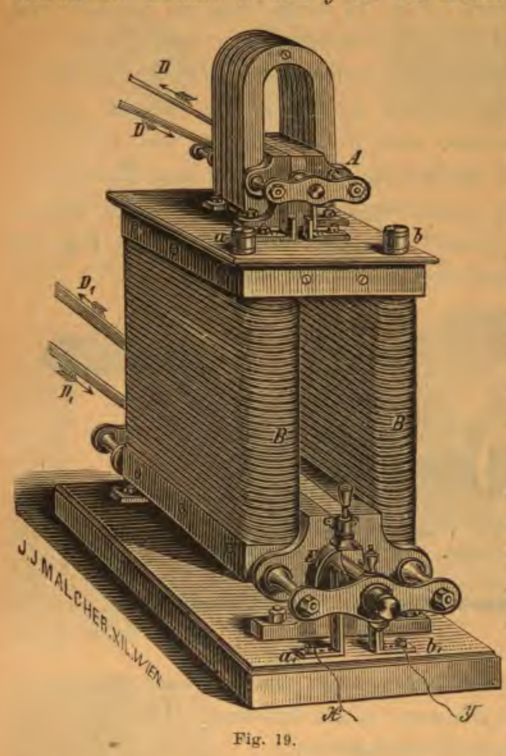


Fig. 19.

Wilde ließ bei einer besonders großen Ausführung seiner Maschine die Ströme des zweiten Cylinders noch um einen zweiten größeren Elektromagnet gehen, zwischen dessen Polen ein dritter noch größerer Cylinder rotierte, dessen Inductionsströme Wirkungen erzielten, wie solche mit elektrischen Maschinen bis dahin noch nicht erreicht worden waren. Wilde brachte mittels einer solchen Maschine mit drei Inductoren einen Eisenstab von nahezu 40 *cm* Länge und 6 *mm* Durchmesser zum Glühen und sogar zum Schmelzen. Desgleichen erzeugte er ein Kohlenlicht in der Stärke von 4000 Wachskerzen.

Die Wilde'schen Maschinen fanden bald Eingang in der Praxis, so in galvanoplastischen Anstalten zur Erzeugung von galvanoplastischen Niederschlägen in großem Maßstabe, ferner zur Erzeugung von elektrischem Lichte und zur Darstellung von Ozon als Bleichmittel.

Dennoch hielten sich diese Maschinen in der Industrie nicht lange, da die Stahlmagnete durch die Zeit und durch unvermeidliche Erschütterungen allmählich an Kraft verlieren, da ferner die an den Commutatoren überspringenden Funken

schaden, endlich die Stromkraft, welche an diesen Funken nicht gänzlich überspringen kann, sich in Wärme verwandelt, wodurch die Drähte erhitzt, sogar glühend werden und verderben.

Im Jahre 1866 entdeckte Dr. W. Siemens in Berlin das sogenannte dynamoelektrische Princip, experimentierte bereits im December desselben Jahres mit einer Maschine ohne permanente Magnete vor einigen Berliner Gelehrten und theilte dieses Princip im Jänner des folgenden Jahres der Berliner Akademie der Wissenschaften mit.

Da dasselbe bekanntlich zunächst darauf beruht, dass in jedem einmal magnetisch gewesenen Eisen eine Spur von Magnetismus zurückbleibt, sodann aber hauptsächlich auf der gegenseitigen Multiplication des Magnetismus und der elektrischen Ströme, so war dadurch die Nothwendigkeit der Stahlmagnete beseitigt und eine fast grenzenlose Steigerung der Stromstärke der Maschinen ermöglicht.

Fast gleichzeitig mit Siemens entdeckte Professor Wheatstone in London dasselbe Princip. In der Sitzung der Royal society in London am 14. Februar 1867 hielt Wheatstone einen Vortrag[301]) über diesen Gegenstand. In derselben Sitzung wurde die Entdeckung des Berliner Physikers von dessen Bruder William Siemens bekannt gemacht und es zeigte sich, dass Siemens und Wheatstone auf verschiedenen Wegen zu demselben Ziele gelangt waren.

Die erste von Siemens construierte Maschine dieser Art besteht aus zwei weichen Eisenplatten, welche auf einer Seite durch eine dritte Platte mit einander verbunden und mit übersponnenem dicken Kupferdrahté quer bewickelt sind, so dass der Draht in einer einzigen Spirale verläuft. Der Inductor rotiert zwischen den hervorragenden Enden der Eisenplatten. Vor dem ersten Gebrauche der Maschine erregt man in den weichen Eisenplatten, indem man die Drahtenden mit einem galvanischen Elemente verbindet, etwas Magnetismus, der nach Aufhören des Stromes nicht ganz verschwindet. Ist einmal eine solche Maschine in Gang gesetzt worden, so bleibt in den Eisenplatten so viel Magnetismus zurück, dass die Maschine stets elektrische Ströme zu liefern imstande ist.

Eine Verbesserung der dynamoelektrischen Maschinen von Siemens und Wheatstone wurde vier Wochen darauf von dem Engländer Ladd erfunden, welcher behauptete, dass einer seiner Gehilfen bereits im Jahre 1864 eine Idee von dem dynamoelektrischen Principe gehabt habe.

Ladd sandte am 14. März 1867 eine Beschreibung seiner dynamoelektrischen Maschine an die „Royal Society" und brachte Mitte Mai desselben Jahres seine Maschine auf die Pariser Weltausstellung. Diese Maschine zeichnete sich dadurch aus, dass die beiden mit Draht umwickelten Eisenplatten nicht miteinander in Verbindung standen, sondern zwei Elektromagnete darstellten, zwischen deren Polen zwei Inductoren rotierten, von denen der kleinere zur Erregung der Elektromagnete, der größere zur Erzeugung des elektrischen Stromes diente, welcher zu einer Arbeitsleistung verwendet werden konnte. Die oft gebrauchte Ladd'sche Handmaschine (Fig. 20) hat einen hufeisenartigen Kastenmagnet und nur einen Inductionscylinder.

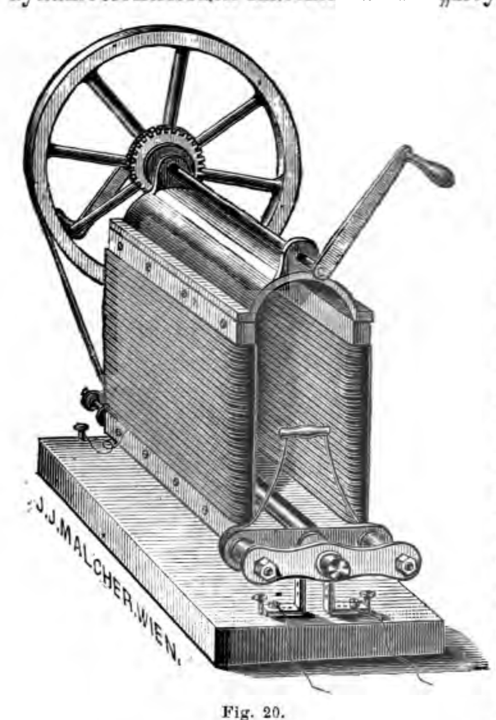


Fig. 20.

Bei den bisher erwähnten Maschinen mit Siemens'schem Inductor wechselt der Magnetismus des rotierenden Eisens fortwährend, daher auch der Strom streng genommen kein constanter ist. Im Februar 1870 erzielte Prof. Pfaundler in Innsbruck mittels eines Kravogl'schen Motors einen wirklich

constanten Strom. Das Verdienst, zuerst Maschinen, von deren Inductor ohne weiteres ein gleichgerichteter constanter Strom ausgeht, construiert zu haben, gebührt dem Belgier Theophile Gramme bei Lüttich 1871 und Friedrich von Hefner-Alteneck in Berlin 1872.

§. 72. Zénobe Theophile Gramme, in der Nähe von Lüttich im J. 1826 geboren, war ursprünglich Schreiner und als solcher durch 15 Jahre in der Gesellschaft l'alliance in Paris beim Baue magnetelektrischer Maschinen beschäftigt. Verschiedene Projecte, die er machte, welche aber nicht zur Ausführung gelangten, weil man den schlichten Arbeiter zu wenig beachtete, zeugen von der Genialität dieses Mannes. Endlich verfiel er auf den Gedanken des Ringes, welcher in der Construction der elektrischen Maschinen geradezu epochemachend wirkte. Doch wird ihm in diesem Punkte die Priorität der Erfindung von vielen Seiten bestritten. Es hatte nämlich Professor Antonio Pacinotti in Florenz bereits im Jahre 1860 in einer elektromagnetischen Kraftmaschine einen ganz ähnlichen Ring angewendet, und im J. 1864 ausführlich beschrieben und abgebildet.[302]) In dieser Abhandlung sagt der Erfinder ausdrücklich, dass man den Apparat in eine magnetelektrische Maschine umwandeln könne, welche einen continuierlichen, stets in derselben Richtung fließenden Inductionsstrom zu liefern imstande wäre. Der ganze Aufsatz liefert den Beweis, dass Pacinotti das Princip dieser Maschine ganz richtig verstanden habe. Es ist Thatsache, dass Pacinotti theils mittels eines permanenten Magnets, theils durch Erzeugung eines Elektromagnets und durch mechanische Drehung des Ringes wirklich einen constanten Inductionsstrom erzeugte. Pacinotti muss daher jedenfalls als der Erfinder und erste Verfertiger einer Maschine bezeichnet werden, welche unter Aufwand von Arbeitskraft einen continuierlichen, stets gleich gerichteten Inductionsstrom liefert. Aber leider kam seine Maschine über die Räume des physikalischen Cabinetes zu P a nicht hinaus und wurde wenig beachtet, was auch darin z n Theile seinen Grund hatte, dass in den Zeichnungen, welche I cinotti von seinem Apparate entworfen, Irrthümlichkeiten v rkamen.

Es ist anzunehmen, dass der einfache Arbeiter in Paris von Pacinotti's Ring, der in keiner anderen Zeitschrift, als dem „Il nuovo cimento", auch in keiner Brochüre beschrieben worden, nie etwas gehört und somit denselben unabhängig neu erfunden habe. Bei seinem ersten Modelle war der Ring unbeweglich, und innerhalb desselben drehte sich der inducierende Magnet. Professor Reis ist der Ansicht, dass auch diese Thatsache dafür spreche, Gramme sei selbständig auf den Ring gekommen, da Pacinotti gleich von vornherein seinen Ring zwischen den Polen eines festen Magnets rotieren ließ.

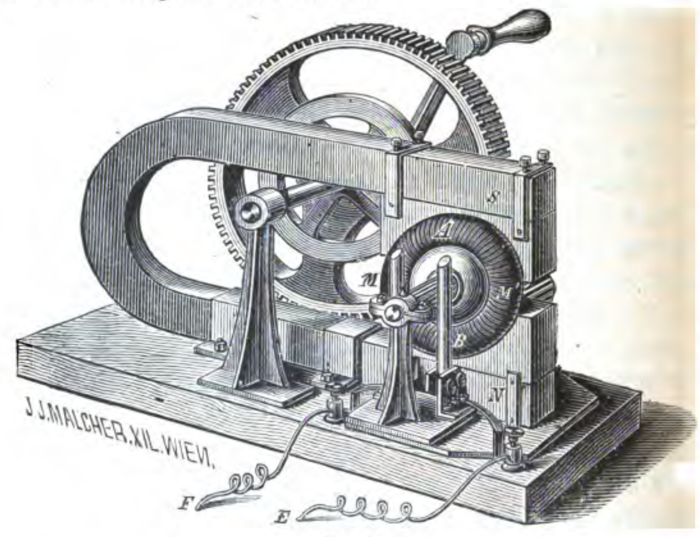


Fig. 21.

Fig. 21 stellt eine der ältesten Gramme'schen Handmaschinen dar. Bei den neueren ist der Magnet ein sogenannter Blättermagnet von Jamin. Den massiven Ring ersetzte später Gramme durch ein Bündel von gegenseitig isolierten Eisendrähten. Das neueste Modell der Gramme'schen Maschine für Wechselströme, vom Erfinder in der Absicht erzeugt, einen passenden Motor für die Jablochkoff'schen Kerzen zu liefern, enthält e Vorrichtung zur Magnetisierung der inducierenden Magnete n sich selbst. Bei seinen Großmaschinen hat Gramme Elekt- magnete statt Stahlmagnete angewendet und das dynamoel-

trische Princip insoweit durchgeführt, dass die Ströme der Elektromagnete durch den Ring und den remanenten Magnetismus erzeugt wurden. Er wendete häufig zwei Ringe und zwei Elektromagnete an; der eine Ring erzeugte die Ströme, welche um seinen eigenen Elektromagnet und um den des zweiten Ringes giengen und der zweite Ring erst erzeugte die nutzbaren Ströme. Später ließ er die Ströme des Elektromagnets und der Arbeit durch einen einzigen Ring erzeugen.

Für die Großindustrie bewährte sich vorzüglich die Gramme'sche magnetelektrische Maschine. Sie kann als Ersatz für die galvanischen Batterien bei der industriell betriebenen Galvanoplastik, bei der elektrischen Beleuchtung von Leuchtthürmen, bei der elektrischen Telegraphie, im kleinen auch für medicinische Zwecke benutzt werden. Große werden durch Dampfmaschinen oder einen anderen kräftigen Motor in Bewegung gesetzt.

Die Gramme'sche Maschine besitzt drei große Vorzüge: 1. Die Unveränderlichkeit der Stromrichtung und daher die Entbehrlichkeit des Commutators; 2. einen ununterbrochenen Strom, 3. keinen Wechsel in der Stärke des Stromes. So hervorragend auch die Leistungen der Gramme'schen Maschinen sind, so sind sie doch nicht frei von Mängeln, welche eine Ausführung über eine gewisse Grenze der Größe nicht zulassen. Zunächst findet in Folge der Rotation des Ringkernes eine Schwächung und Erhitzung statt. Da nämlich der Magnetismus des Ringkernes fortwährend in diesem wandert und seine Polarität wechselt, so wird zu diesen Änderungen ein Theil der Betriebsarbeit verbraucht und daher die Wirkung der Maschine geschwächt; es entstehen aber auch molekulare Bewegungen, d. i. Wärme, welche allmählich den Ring und die Spuldrähte erhitzt, indem sie noch durch die von der Bewegung des Ringes in sich selbst inducierten Ströme vermehrt wird. Ferner tritt der remanente Magnetismus des Ringes nachtheilig auf, da bei der äußerst raschen Umdrehung des Ringes der noch nicht ganz entschwundene Magnetismus einen Theil des entgegengesetzten Magnetismus aufhebt, somit die Wirkung schwächt. Auch entsteht eine Wärmequelle dadurch, dass die Ströme der Spulen durch unerregte Stellen an der Innenseite des Ringes gehen und die schwachen

Ströme, welche in den Spulen in der Nähe der Indifferenzzonen entstehen, den Widerstand nicht überwinden können. Zudem wird die Wirkung durch die zwischen den Polen des Magnets und dem Ringkern befindliche dicke Schichte der Drahtwindungen der Spulen abgeschwächt. Die Gramme'schen Maschinen erfuhren, je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollten, ob für elektrische Beleuchtung, elektrische Kraftübertragung oder Galvanoplastik, verschiedene Modificationen.

§. 73. Einige der genannten Nachtheile der Gramme'schen Maschine sind bei der magnetelektrischen Maschine vermieden worden, welche Friedrich v. Hefner-Alteneck, Vorstand des Constructionsbureaus der berühmten Firma Siemens und Halske in Berlin im Jahre 1872 erfunden hat. Derselbe gebraucht als Inductor statt eines umwickelten Ringes eine bewickelte Trommel. Es gibt Handmaschinen mit permanenten

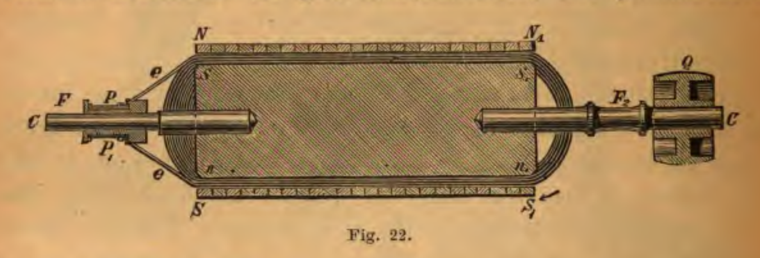


Fig. 22.

Magneten und Maschinen mit Anwendung des dynamoelektrischen Principes. Die Trommel bei ersteren besteht (Fig. 22) aus einem hohlen eisernen Cylinder $s\ s'\ n\ n'$, um welchen die Drähte parallel mit der Drehungsachse aufgewickelt sind und welcher mit der Achse zwischen einer Reihe von Nordpolen $N\ N'$ und einer Reihe von Südpolen $S\ S'$ in ihrer nächsten Nähe drehbar ist. Dieser Cylinder wird durch Influenz zu einem Quermagnet, der nach oben seinen Südpol $s\ s'$, nach unten seinen Nordpol $n\ n'$ erhält. Dadurch, dass die Drähte der Länge nach am Cylinder aufgewickelt sind, wird der Nachtheil vermieden, dass die Spuldrähte nur in einem kleinen Theile ihrer Länge Induction erfahren. Um die Erhitzung des Eisencylinders zu vermeiden, construierte die Firma Siemens und Halske für den Großbetrieb bestimmte Maschinen, bei welchen der Eisencylinder

der Trommel unbeweglich ist, die Inductionsspiralen aber auf einer Trommel von Neusilberblech aufgewunden sind, welche in geringem Abstande von dem Eisencylinder und den sie einschließenden Magnetpolen um die Eisentrommel gedreht werden kann. Die Magnete erhalten ihren Magnetismus nach dem dynamoelektrischen Princip. Namentlich in den letzten Jahren fanden bei den dynamoelektrischen Maschinen die mannigfaltigsten Veränderungen und Verbesserungen statt, doch kann man nicht sagen, dass seit der Entdeckung des dynamoelektrischen Principes eine wesentliche Änderung der elektrischen Maschinen stattgefunden habe.

Forschungen auf dem Gebiete der physiologischen Elektricität.

§. 74. Bekanntlich hatte Galvani bei seinem Grundversuche die Quelle der Elektricitätserregung in dem Froschpräparate selbst, Volta dagegen in der Berührung ungleichartiger Metalle gesucht. Wollte Galvani seine Theorie aufrecht erhalten, so musste es ihm gelingen, mit absolut gleichartigen Metallbogen oder auch ohne Metalle Zuckungen hervorzubringen, welche Versuche ihm im Vereine mit seinem Neffen Aldini wirklich gelangen. Jedenfalls waren die Wirkungen, welche er bei Anwendung ungleichartiger Metallbogen erhielt, kräftiger. „Der von ihm entdeckte Thatbestand," sagt Du Bois-Reymond [303]), „war einer Gleichung mit zwei Unbekannten zu vergleichen, deren eine das durch Volta geschaffene Gebiet des Galvanismus, die andere aber wirklich die thierische Elektricität war, welche nunmehr nach einem halben Jahrhundert ihr Recht fordernd, abermals in die Schranken tritt."

Während Galvani nicht dabei stehen blieb, bloß jene Zuckungen, welche bei wirklich homogenen Metallbogen oder ohne diese entstehen, der thierischen Elektricität zuzuerkennen, dagegen für die stärkeren Wirkungen bei Anwendung ungleichartiger Metallbogen die Ansicht Volta's zu acceptieren, ließ dagegen Volta die Vorstellung einer thierischen Elektricität ganz fallen. Jene stärkeren Wirkungen suchten Galvani und seine Anhänger dadurch zu erklären, dass sie annahmen, bei der Zu-

sammensetzung eines Bogens aus ungleichartigen Metallen stelle sich dem Durchgange der thierischen Elektricität ein größerer Widerstand entgegen, wodurch eine stärkere Anhäufung und eine kräftigere Entladung derselben bewirkt werde.

So entspann sich ein Kampf, der mit abwechselndem Glücke geführt wurde, doch neigte sich bald der Sieg auf Volta's Seite. Dennoch müssen wir einen Versuch Galvani's, den er unter anderen, aber nicht tadellosen, anführt, als den Grundversuch der elektrischen Muskel- und Nervenphysik bezeichnen.

„Man schneide an dem Galvanischen Froschpräparate die Nerven dicht an ihrer Austrittsstelle aus dem Wirbelcanal ab, und ohne sie in irgend eine Flüssigkeit zu tauchen oder sonst einem verändernden Einfluße auszusetzen, bringe man sie mit der Außenfläche des einen Schenkels in Berührung, entweder indem man sie mit einem Nichtleiter aufhebt und dann wieder fallen lässt, oder indem man sie mit demselben sanft dagegen führt, und zwar wo möglich nur gegen einen einzigen Punkt der Muskeln; sogleich würden die Schenkel zucken.“ Auch brachte Galvani ein Froschpräparat bereits dadurch zum Zucken, dass er die Wirbelsäule des Präparates in ein Schälchen, die Füße in ein anderes legte, diese mit einer Salzlösung füllte und beide Lösungen mittels eines Baumwolldochtes leitend verband. Volta erklärte diese Erscheinungen durch die Annahme, dass zwei einander ungleichartige thierische Theile, Nerv und Muskel, durch Anwendung eines feuchten Leiters zu einer Kette vereinigt werden, und dass, wenn der Versuch gelingen solle, der Schenkelmuskel, mit dem man den Nerven in Berührung bringt, nicht ganz rein sein dürfe, sondern mit Blut oder irgend einer Flüssigkeit verunreinigt sein müsse.

In jener Zeit heftigen Streites gab A. v. Humboldt, ohne Voreingenommenheit für den einen oder den anderen Standpunkt sein Urtheil dahin ab,[304]), dass Zuckungen an Froschschenkeln selbst in solchen Fällen entstehen, in welchen nicht die mindeste mechanische Reizung oder Verunreinigung durch Blut, Schleim und dgl. stattfinde, dass ferner allerdings in Fällen, bei denen ganz gleichartige Metalle keine Zuckungen erregen, diese hervorgebracht werden, sobald man eine Ungleich-

artigkeit der Metalle herbeiführt, dass es jedoch nicht richtig sei, wenn behauptet werde, dass Muskelbewegungen nur unter der Bedingung einer Ungleichartigkeit in den Metallen entstehen können.

Da starb Galvani 1798, und im folgenden Jahre construierte Volta seine Säule, wodurch er den Sieg über seine Gegner errang. Aldini kämpfte noch einige Zeit für eine bereits verlorene Sache[305]) und bald trat die Lehre von der thierischen Elektricität ganz in den Hintergrund.

Erst nach der Entdeckung des Elektromagnetismus wurde dieser Gegenstand wieder aufgenommen. Nobili begann seine Versuche im Jahre 1827. Er hatte durch Anwendung der astatischen Nadel dem Multiplicator einen hohen Grad von Empfindlichkeit gegeben und suchte nun mit diesem die elektrischen Ströme in den Nerven auf, was ihm zuerst nicht gelang. Nobili tauchte nämlich die Drahtenden des Multiplicators statt des Dochtes von Baumwolle in die Salzlösungen, aber die Nadel blieb ruhig, während das Froschpräparat zuckte, wenn er den Versuch mittels des Baumwolldochtes anstellte. Der schwache Strom also, welcher das Froschpräparat noch zucken machte, konnte die Nadel des Multiplicators nicht mehr bewegen; das Froschpräparat war demnach empfindlicher, als der Multiplicator. Nobili suchte nun seinen Multiplicator noch mehr zu vervollkommnen, und erhielt hierauf mit Salzlösung in den Schalen einen ersten Ausschlag von 10°, 20°, ja sogar von 30°, und zwar in solcher Richtung, dass dadurch ein positiver Strom von den Muskeln zu den Nerven oder von den Füßen zum Kopfe angezeigt wurde. Nobili nannte diesen Strom „la corrente propria della rana."

Dieser Froschstrom war nach Nobili's Untersuchungen nicht bloß im Augenblicke der Schließung, sondern dauernd vorhanden, aber seine Stärke änderte sich und jede Änderung in der Stärke hatte eine Zuckung der Froschschenkel zur Folge. Auch zeigte es sich, dass die Wirkung verstärkt wurde, wenn man mehrere Froschpräparate, nach dem Gesetze der Säule geordnet, in den Schließungskreis einführte.

Nobili war der Ansicht, dass diese Ströme thermoelektrischen Ursprunges seien, indem die geringere Masse der Nerven

durch Verdunstung stärker abgekühlt werde, als die größere Masse der Muskeln.

Nach Nobili hat Matteucci die Untersuchungen über die thierische Elektricität fortgesetzt. Die Publicationen desselben und jener, die ihm folgten (viele italienische, französische und englische Gelehrte) sind nur mit großem Vorbehalt und mit Vorsicht aufzunehmen und von den Arbeiten der strengen, exacten deutschen Schule nach Du Bois-Reymond zu unterscheiden. Matteucci's Aufsätze bringen viel Wertloses und Irriges, so dass es schwer wird, aus dem Wuste, der oft in der Absicht Aufsehen zu erregen, veröffentlicht wurde, das Wahre herauszufinden. Die ersten Untersuchungen über den Froschstrom veröffentlichte Matteucci 1837 und 1838. Er gebrauchte bei seinen Versuchen einen Multiplicator von 2500 Windungen mit Platinenden, welche in zwei mit verdünnter Salzlösung gefüllte Porcellangefäße tauchten. Die Schließung der Kette geschah mittels des Froschpräparates.

Die Ergebnisse seiner Untersuchungen waren folgende. Man erhält einen Strom, eben so stark wie den des galvanischen Froschpräparates, wenn man den ganzen enthäuteten Frosch verwendet, indem man den Kopf oder Rücken in das eine und die Füße in das andere Gefäß taucht. Mit dem Froschpräparate Galvani's erhält man den Strom noch in ungeschwächter Stärke und immer in gleicher Richtung, wenn man, nachdem die Nerven ganz weggeschnitten sind, den Unterschenkel auf der einen, den Oberschenkel auf der anderen Seite eintaucht.

Matteucci wollte weder einen elektrochemischen, noch einen thermoelektrischen Ursprung des Froschstromes zugeben, gestand aber zuletzt offen, die Ursache des Froschstromes sei uns schlechterdings unbekannt. Durch die bisher angestellten Versuche war nun unzweifelhaft das Dasein eines vom Lebensprocesse des Frosches abhängigen Stromes begründet.

Da trat ein Mann auf, welcher auf diesem Gebiete bahnbrechend zu wirken begann und seinen Versuchen über dies Gegenstand eine Sicherheit zu geben verstand, wie man bis dahin noch nicht kannte.

§. 75. Emil Du Bois-Reymond, einer der hervorragendsten Physiologen der Gegenwart, wurde am 7. November 1818 zu Berlin geboren, wo sein Vater geheimer Regierungsrath war. Seine wissenschaftliche Vorbildung erhielt er am französischen Gymnasium zu Berlin und begann hierauf das Studium der Theologie. Doch wendete er sich bald 1838 den Naturwissenschaften und zwar zuerst der Geologie, in Bonn, zu. Er fühlte sich jedoch erst seiner Lebensaufgabe gegenübergestellt, als er unter Johannes Müllers Leitung kam, der in Berlin sehr besuchte Vorträge namentlich über Physiologie und vergleichende Anatomie hielt. Die exactere Methode Müllers hatte sich auch bald der eifrige Schüler angeeignet. Bereits im Jahre 1841 begann dieser auf den Rath seines Lehrers seine Untersuchungen über thierische Elektricität, die er fortan zur Aufgabe seines Lebens machte. Wie er seine Aufgabe erfasste, ersehen wir aus der Vorrede zum ersten Bande seiner „Gesammelten Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik“ (1875), worin er sagt: „Ich war erst 22 Jahre alt, als Johannes Müller mich vor die Frage nach dem Quell von Nobili's Froschstrom stellte und nach vierunddreißig Jahren bin ich noch damit beschäftigt, die Antwort auf diese Frage zu suchen. Die Gestaltung meiner wissenschaftlichen Laufbahn hat mir manchen Schaden gebracht. Während ich oft meiner ganzen Willensstärke bedurfte, um trotz der Ermüdung, die aus der Einförmigkeit meiner Arbeit entsprang, bei der Sache zu bleiben, schalten mich die Leute einseitig, die von der Höhe und dem Umfange und den allerwärts sich verzweigenden Beziehungen meiner Aufgabe keine Ahnung hatten.“

Auf seinen Reisen 1850 nach Paris, 1852 und 1853 nach London wusste er seinen von französischen und englischen Gelehrten zuerst angezweifelten Entdeckungen Anerkennung zu verschaffen. Im Jahre 1858 wurde er an Stelle seines Lehrers Johannes Müller zum Professor der Physiologie an der Universität Berlin ernannt.

In seinen zahlreichen Schriften[306]) verbreitet Du Bois-Reymond über das elektrische Verhalten der Muskeln und Nerven, sowie über die wichtigsten Vorgänge im menschlichen Körper ein ganz neues Licht.

Du Bois-Reymond bediente sich bei seinen Untersuchungen eines von ihm mit größter Sorgfalt construierten Multiplicators. Da der Leitungswiderstand der elektromotorischen Theile, welche durch den Multiplicator geschlossen werden, sehr groß ist, so musste man zur Construction eines zu diesen Zwecken brauchbaren Instrumentes auch einen sehr langen und dünnen Draht verwenden. Du Bois-Reymond verwendete einen 1000 Meter langen, sehr feinen Kupferdraht, aus welchem er 4650 Windungen machte, die durch Seide von einander möglichst gut isoliert waren. Die Enden des Multiplicatordrahtes wurden mit Platinplatten versehen, deren jede in ein mit concentrierter Kochsalzlösung gefülltes Gefäß tauchte. Er zeigte auf diese Weise, dass jeder einzelne Muskel elektromotorisch wirkt, indem er die beiden Gefäße durch den zu prüfenden thierischen Körpertheil verband. Allerdings ist es von größter Wichtigkeit, dass die Platinplatten möglichst gleichartig gemacht, und gleichzeitig in die Flüssigkeit eingetaucht werden. [307]) In der Regel nimmt Du Bois-Reymond statt je einer Platinplatte zwei neben einander, weil dadurch die von der allfälligen Ungleichheit der Plattenoberflächen herrührenden elektrischen Ströme eher überwunden werden. Damit ferner nicht durch das Anwogen der Flüssigkeit an die Platten elektrische Ströme erzeugt werden, umgibt er die Platten mit einem Mantel aus mehreren Bogen von Fließpapier.

Das unmittelbare Eintauchen der thierischen Theile in die Salzlösung geschieht nur bei gröberen Versuchen, weil bei feineren Untersuchungen das Anätzen der thierischen Theile durch die Salzlösung störend wirkt. In diesen Fällen wendet Du Bois Bäusche aus Fließpapier an, d. h. Compressen aus sehr vielen Lagen feinen Filtrierpapieres, getränkt mit Salzwasser, welche auf den Rand der Zuleitungsgefäße aufgelegt werden. Auf jeden dieser beiden Bäusche legt man ein Stückchen in Eiweiß aufgeweichte Schweinsblase und erst auf diese gut leitende Membran den zu untersuchenden Muskel, der dann nicht angeätzt wird, wobei aber der elektrische Strom durch die getränkten, also leitenden Bäusche zur Salzlösung und von da durch den Multiplicator geht. Diese Art des Experimentierens behielt auch seine Schule bei.

So fand Du Bois das Hauptgesetz des Muskelstromes: Ein beliebiger Punkt eines natürlichen oder künstlichen Längedurchschnittes an einem nicht todesstarren Muskel verhält sich gegen einen Punkt an einem natürlichen oder künstlichen Querschnitte desselben positiv elektrisch und umgekehrt verhält sich letzterer gegen jenen negativ elektrisch. Setzt man beide Punkte in eine leitende Verbindung und bringt den Multiplicator in den Schließungsbogen, so entsteht ein elektrischer Strom vom Längenschnitte durch den Leiter zum Querschnitte.

Nach Du Bois' Untersuchungen erhält man auch elektrische Ströme, jedoch von geringerer Stärke, wenn man zwei Punkte eines Querschnittes, von denen der eine der Mitte desselben näher, der andere von ihr weiter entfernt ist, leitend verbindet, wo dann solche Punkte, welche der Mitte des Querschnittes näher liegen, elektromotorisch negativ gegen solche sich verhalten, welche weiter von derselben entfernt sind.

Ebenso sind auch die verschiedenen Punkte des natürlichen oder künstlichen Längeschnittes eines Muskels keineswegs unter sich gleichartig, denn sobald man zwei solche Punkte miteinander leitend verbindet, so entsteht ein Strom von der Mitte eines Längsschnittes durch den Leiter zu einem von der Mitte entfernteren Punkte desselben Längsschnittes. Es verhalten sich demnach alle an der äußeren Mantelfläche eines Muskels dem mittleren Querschnitte näher liegenden Punkte elektromotorisch positiv gegen Punkte, welche dem Ende des Muskels näher liegen. Alle Punkte, die im Längsschnitte gleichweit vom mittleren Querschnitte, oder im Querschnitte gleichweit vom Mittelpunkte abliegen, sind elektromotorisch neutral d. h. sie geben bei ihrer leitenden Verbindung keinen Strom.

Die Gesetze des Muskelstromes gelten nach Du Bois für das ganze Thierreich. Er hat dieselben beobachtet an verschiedenen Arten von Fröschen, Kröten, an Molchen, Eidechsen, Ringelnattern, Blindschleichen, Schildkröten, an der Taube und dem Sperling, an der Hausmaus, dem Meerschweinchen, dem Kaninchen und an Muskeln von Menschen (Muskeln eines eben amputierten Beines).

Er hat auch nachgewiesen, dass ein elektrischer Strom durch willkürliche Zusammenziehung der Armmuskeln eines lebenden Menschen entstehen kann. Taucht man nämlich jedes der beiden mit Platinstreifen versehenen Drahtenden eines Multiplicators in ein besonderes mit Salzlösung gefülltes Glasgefäß ein, und taucht auch in jedes Glas eine Hand oder einen Finger, so beobachtet man jedesmal eine Ablenkung der Magnetnadel, sobald man den Muskel des einen Armes oder der einen Hand kräftig zusammenzieht und in dieser Spannung einige Augenblicke erhält.

Einige waren der Ansicht, schon Matteucci habe die Gesetze des Muskelstromes entdeckt, doch gebührt diese Ehre jedenfalls Du Bois-Reymond.

Matteucci theilte im September 1841 eine Beobachtung mit, nach welcher, wenn der innere Theil eines nicht todesstarren Muskels durch den Draht eines Multiplicators oder durch den Nerv eines präparierten Froschschenkels mit irgend einem anderen Theile desselben Thieres, der Oberfläche des Muskels, der Haut und dgl. verbunden wird, ein Strom von dem muskulösen Theile zu dem nichtmuskulösen geht. Im Februar und im October 1842 machte Dumas der Akademie in Paris Mittheilungen über Matteucci's Beobachtungen der Negativität des Muskelinneren und dass der Strom im Thiere vom Inneren des Muskels oder vom Nerv zu seiner Oberfläche oder seiner Sehne gerichtet sei.

Daraus geht hervor, dass Matteucci von der richtigen Erkenntnis des Muskelstromes noch weit entfernt war und von dem Gegensatze der Mantelfläche und des Querschnittes der Primitivmuskelbündel keine Ahnung hatte.

Auch machte er lange Zeit einen Unterschied zwischen Froschstrom und Muskelstrom. Noch 1844 behauptete er, alle Thiere besäßen einen Muskelstrom, nur der Frosch sei außerdem noch mit einem ohne nachweisbaren Grund in allen Theilen desselben vorhandenen aufsteigenden Strom ausgestattet, welc[illegible] der Froschstrom genannt wird. Erst im März 1845 sah er [illegible] Einerleiheit des Frosch- und Muskelstromes ein und lernte [illegible] Negativität der Sehne kennen. Er veröffentlichte dies 1846 [illegible]

das wichtigste Resultat seiner Forschungen, obgleich er vom September 1845 an, wie er zugestand, Du Bois-Reymond's Abhandlung kannte.

Du Bois hat ferner zuerst gezeigt, dass auch die Nerven imstande sind, einen elektrischen Strom zu erzeugen, welcher freilich viel schwächer ist, als der Muskelstrom, übrigens die nämlichen Gesetze wie der Muskelstrom befolgt. [308])

§. 76. Bezüglich der elektrischen Fische wurden im Laufe dieses Jahrhundertes verschiedene weitere Entdeckungen gemacht, wie die reichhaltige Literatur [309]) darüber nachweist. Die Untersuchungen über elektrische Fische hatten nämlich durch die Entdeckung der galvanischen Elektricität und des Elektromagnetismus einen neuen Impuls erhalten. Es handelte sich nämlich darum, zu untersuchen, ob die von den Fischen erzeugte Elektricität die Kennzeichen der galvanischen Elektricität besitze. Schon John Davy war der erste, welcher die Identität der Elektricität des Zitterrochens mit der Reibungs- und Berührungselektricität thatsächlich nachgewiesen, indem er mittelst derselben chemische Wirkungen hervorbrachte, Magnetnadeln ablenkte, Stahlnadeln magnetisch machte und deutliche Funken beobachtete. Er unternahm diese Versuche besonders in Malta [310]) auf Anregung seines Bruders, des berühmten Chemikers Humphry Davy.

Volta hatte darauf hinzielende Versuche geplant, welche jedoch nicht zur Ausführung gelangten. Auch stellte er die Richtung des Stromes der vom Zitterrochen erzeugten Elektricität dahin fest, dass im Augenblicke des Schlages sich der Rücken zum Bauche des Thieres positiv, letzterer dagegen negativ verhält.

Becquerel und Breschet haben an Zitterrochen von Chioggia nahe bei Venedig Beobachtungen gemacht und fanden bestätigt, was schon die Alten behauptet hatten, dass diese Fische willkürlich an den verschiedenen Stellen ihres Körpers Schläge ertheilen können. Auch zeigten sie mittelst eines empfindlichen Galvanometers, dass der positive Strom immer vom Rücken durch das Instrument zum Bauche gehe.

Matteucci, welcher sehr viel mit den Zitterrochen des adriatischen Meeres experimentierte, fand die bereits früher

gemachte Beobachtung bestätigt, dass der Rücken dieser Fische positiv, der Bauch negativ elektrisch ist. Auch gelang es ihm, mittelst der Elektricität dieser Thiere deutliche Funken zu erhalten, indem er zu diesem Zwecke zwei metallische Armaturen, eine auf dem Rücken, die andere auf dem Bauche des Fisches anwendete, mit jeder derselben ein Goldblättchen in Verbindung setzte und dann die beiden Goldblättchen sehr nahe an einander brachte. So oft nun der Fisch gereizt wurde, sprang ein Funke zwischen den Goldblättchen über.

Ähnliche Versuche, welche zu denselben Resultaten führten, wurden von Linari angestellt, welcher durch Anwendung langer spiralförmiger oder selbst kurzer aber zusammengewundener Drähte Funken zu gewinnen wusste, und mittelst eines empfindlichen Condensators Zeichen einer elektrischen Spannung erhielt.

Faraday hat alle diese Wirkungen bestätigt gefunden und überdies noch durch diese Elektricität Drähte erhitzt.

Weitere Aufklärungen für die beiden anderen elektrischen Fische, den Zitterwels und den Zitteraal verdankt die Wissenschaft den Physikern Faraday, Schönbein, Colladon, Matteucci, Du Bois-Reymond u. a.

Nach den genannten Forschern geht der Strom im Wasser beim Zitteraal vom Kopf zum Schwanz, beim Zitterwels aber vom Schwanz zum Kopf.

Während die Physiker die physikalische Seite dieser Erscheinungen festzustellen suchten, war es Aufgabe der Anatomen, den Bau der elektrischen Organe zu erforschen, worauf die Physiologen die Resultate beider Richtungen in ihrer Verbindung nutzbar zu machen sich bemühten.

Die Monographie von Th. Bilharz über das elektrische Organ des Zitterwelses, welche er im Jahre 1857 veröffentlichte, ist ein wahres Meisterwerk anatomischer Forschung. Er hatte in Kairo an mehr als hundert Exemplaren Studien darüber angestellt und auf die sogenannten „elektrischen Platten“ bei dem Zitterrochen aufmerksam gemacht.

Max Schultze wies nach, dass auch bei den andere elektrischen Fischen solche „Platten“ als nervöse Endorgan existieren.

Du Bois Reymond fand im Jahre 1858, dass beim Zitterwels der elektrische Schlag eigentlich aus vielen rasch auf einander folgenden Schlägen bestehe, und so dürfte es auch bei anderen elektrischen Fischen sein. Derselbe Forscher war auch der erste, welcher die Frage aufwarf, wie es komme, dass die gewaltigen elektrischen Entladungen, welche andere Fische schon aus der Ferne tödten, an den Zitterfischen spurlos vorübergehen. Er überzeugte sich auch, dass die Zitterfische eben so wenig wie durch den eigenen Schlag durch den Schlag anderer Zitterfische oder durch künstliche ihnen zugeführte elektrische Entladungen erregt werden. Du Bois-Reymond beobachtete z. B., dass kräftige künstliche Inductionsströme, welche andere im Wasser befindliche Fische tödteten, einen ebenda befindlichen Zitterwels ganz gleichgiltig ließen.

Die Einflüsse, die hier vorhanden sein müssen, zu erforschen, ist bis jetzt eben so wenig gelungen, als den Mechanismus kennen zu lernen, der im Stande ist, Wirkungen hervorzubringen, zu deren Erzeugung auf künstlichem Wege der Physiker gewaltiger Elektromotoren bedarf. Bezüglich des zweiten Punktes haben Colladon und Du Bois-Reymond die Hypothese aufgestellt, dass die elektrischen „Platten" zweipolige, elektrische Moleküle enthalten, welche im Ruhezustande ihre Pole nach allen möglichen Richtungen kehren, wodurch ihre elektrische Wirkung aufgehoben wird, dass dagegen bei Entladungen die gleichnamigen Pole derselben Fläche des Organes zugewendet werden.

Geschichte der elektrischen Telegraphie.

§. 77. Nachdem man sich bereits in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhundertes von der überaus großen Geschwindigkeit der Reibungselektricität überzeugt hatte, begann man schon mit einzelnen Versuchen, dieselbe zum Telegraphieren zu benutzen. Der erste Versuch wurde wahrscheinlich 1774 von dem Genfer Lesage gemacht, wenn wir von einem mit C. M. unterzeichneten Briefe vom 1. Februar 1753 absehen, welcher an den Herausgeber von Scot's Magazine geschrieben und im 15. Bande (S. 73)

dieser Zeitschrift abgedruckt wurde. Man glaubt, dass diese Anfangsbuchstaben den Namen des Schotten Charles Marshall bedeuten, eines damals lebenden, mit gründlichen physikalischen und chemischen Kenntnissen ausgestatteten Privatmannes. Der in diesem Briefe gemachte Vorschlag enthält im Wesentlichen Folgendes: Man spanne Drähte in gleicher Anzahl wie die Buchstaben des Alphabetes parallel und horizontal in kleinen Abständen von einander zwischen zwei Orten aus, jedoch so, dass sie stellenweise in Glas oder Harzkitt an feste Träger befestigt werden, damit sie nicht mit der Erde in Berührung kommen. Nahe am Ende hänge man an einem leitenden Faden eine leitende Kugel auf und lege unter jede dieser Kugeln einen Papierstreifen, welcher einen Buchstaben des Alphabetes enthält. Sobald nun am anderen Ende eines Drahtes die Elektrisiermaschine in Bewegung gesetzt wird, nachdem man das Ende mittelst eines Glasstabes mit dem Conductor in Verbindung gebracht hat, so wird am anderen Ende des Drahtes der Papierstreifen mit dem betreffenden Buchstaben gegen die elektrische Kugel gehoben. Nur muss dafür gesorgt werden, dass jedes Papierblättchen wieder an seinen ursprünglichen Ort zurückkehre, wenn es von der Kugel abfällt.

Ein ähnlicher Vorschlag wird von demselben unbekannten Elektriker bezüglich einer Correspondenz mittelst einer Reihe von Glocken gemacht.

Das Telegraphenmodell des Genfers Lesage bestand aus 24 Metalldrähten, deren jeder an beiden Enden mit dem nämlichen Buchstaben bezeichnet war. Um einen Buchstaben zu telegraphieren, wurde das eine Ende des betreffenden Drahtes mit dem Conductor einer Elektrisiermaschine verbunden, wodurch ein Paar Hollundermarkkügelchen am anderen Ende des Drahtes in Divergenz vetsetzt wurden.

Lomond 1787 schien bereits an eine Verminderung der vielen Leitungsdrähte gedacht zu haben. Er soll ein entfernt befindliches Elektrometer aus Hollundermarkkügelchen durch einen langen Draht mit dem Conductor einer Elektrisiermaschine verbunden und mittelst dieses einen Drahtes durch geeignete Gruppierung mehrerer Divergenzen Buchstaben in die Entfer-

nung signalisiert haben.[311]) Leider finden wir nirgends etwas Näheres über die Bildung des Alphabetes aus den Bewegungen der Kügelchen und nichts über die Art und Weise, wie Lomond telegraphierte.

Im Jahre 1794 machte ein Deutscher, Namens Reusser[312]) den Vorschlag, auf der einen Station 26 Glastäfelchen mit in Stanniolstreifen ausgeschnittenen Buchstaben versehen, aufzustellen. Das untere Stanniolende eines jeden Buchstabens sollte durch einen besonderen Draht, dagegen alle oberen Stanniolenden durch einen 27. Draht mit der entfernten Station verbunden werden. „Wird nun von dem Telegraphierenden die äußere Belegung einer Kleist'schen Flasche an das Ende des Zurückleitungsdrahtes und der Knopf der Flasche mittelst eines metallenen Stäbchens an den Stanniolstreifen gebracht, der mit dem Buchstaben bezeichnet ist, welchen man dem anderen telegraphieren will, so werden sich sogleich Funken auf dem gegenwärtigen sowohl, als dem entferntesten Stanniolstreifen zeigen, und der Entfernte, der sie bemerkt, zeichnet sich sogleich den dabei stehenden Buchstaben auf."

Einen praktischeren Vorschlag machte noch in demselben Jahre Böckmann.[313]) Er gedachte, an der Unterbrechungsstelle einer nur aus zwei Drähten bestehenden Leitung Funken überspringen zu lassen und aus den in gewissen Zeiträumen überspringenden Funken Gruppen zur Bezeichnung der Buchstaben zu bilden.[314]) Tiberius Cavallo stellte 1795 in dem von Böckmann angedeuteten Sinne wirklich Versuche an.[315]) Die Länge der Leitungsdrähte betrug bei diesen Versuchen allerdings nur 250 Fuß, doch spricht Cavallo die Vermuthung aus, dass man auf diese Weise auch auf 2—3 Meilen telegraphieren könne. Nach der französischen Übersetzung desselben Werkes hat Cavallo auch vorgeschlagen, die Aufmerksamkeit des Empfangenden durch den Knall einer Leydenerflasche zu erregen.

Dr. Francisco Salva zu Madrid machte im Jahre 1796 ähnliche, nicht von Erfolg gekrönte Versuche, doch gelang es ihm im Jahre 1798[316]) einen dem Böckmann'schen ähnlichen Telegraphen in ziemlich großem Maßstabe auszuführen.

In demselben Jahre spannte der Franzose **Bétancourt** einen Draht zwischen Madrid und Aranjuez aus und gab die verabredeten Zeichen durch die Entladung von Leydenerflaschen. [317]) Die Bedeutung der Zeichen wurde durch die Zeitintervalle der aufeinander folgenden Entladungen bestimmt.

Alle diese und ähnliche Versuche, die Reibungselektricität zum Telegraphieren zu benützen, konnten zu keinem befriedigenden Resultate führen. Sie scheiterten an der Unbeständigkeit der Elektrisiermaschine, ihrer Abhängigkeit von dem Feuchtigkeitszustande der Luft, der Schwierigkeit einer genügenden Isolierung der Leitungsdrähte, an der Umständlichkeit und Unsicherheit im Geben und Empfangen der Zeichen und noch an manchem anderen.

Am ehesten hätte noch der Vorschlag des Engländers **Francis Ronalds** zur Benutzung der Reibungselektricität 1816—1823 einige Aussicht auf Erfolg gehabt. Derselbe construierte eine Art Zeigertelegraph. Er ließ an beiden Stationen durch vollkommen übereinstimmend gehende Uhrwerke je eine mit Buchstaben versehene Scheibe in Umdrehung versetzen und gab durch ein elektrisches Signal den Moment an, in welchem der zu telegraphierende Buchstabe auf beiden Stationen vor einem kleinen Fensterchen erschienen war, das sich in einem vor jeder Scheibe aufgestellten Schirme befand. [318])

Ronalds erlebte die völlige Entwicklung der elektrischen Telegraphie, denn er starb 1873 im Alter von 85 Jahren.

§. 78. Nach der Entdeckung der galvanischen Elektricität gestalteten sich die Verhältnisse für die Herstellung elektrischer Telegraphen weit günstiger. Im Jahre 1809 wurde ein elektrischer Telegraph, bei welchem die Zeichen auf elektrochemischem Wege erzeugt wurden, von dem damals in München als Conservator der anatomischen Sammlung lebenden Geheimrathe **Samuel Thomas v. Sömmering** (geb. 1755 in Thorn) construiert.

Sömmering hatte sich viel mit elektrophysiologischen Arbeiten beschäftigt und wendete daher allen Entdeckungen a dem Gebiete des Galvanismus, besonders aber den galvan chemischen Entdeckungen Humphry Davy's in London seir

vollste Aufmerksamkeit zu. Zur Erfindung seines Telegraphen wurde er durch die damaligen politischen Verhältnisse und Kriegsereignisse angeregt. [319]) Als am 9. April 1809 der ganz unvorhergesehene Einfall der Österreicher in Baiern stattfand, der den König am 11. veranlasste, aus München zu fliehen, so erfuhr Napoleon dieses Ereignis durch den optischen Telegraphen so rasch, dass bereits am 22. April München, welches sechs Tage vorher von den Österreichern eingenommen worden war, durch die Franzosen entsetzt wurde und König Maximilian sechzehn Tage nach seiner Flucht wieder in seine Residenz einziehen konnte. Dieser Erfolg kam unstreitig zum Theil auf Rechnung der Leistung des vom französischen Ingenieur Claude Chappe erdachten optischen Telegraphen. Dieses Ereignis lenkte die Aufmerksamkeit des bairischen Ministers Montgelas auf die Wichtigkeit einer zweckmäßigen Telegraphie. Er wendete sich an die bairische Akademie um Vorschläge zu Telegrapheneinrichtungen, wobei er offenbar nur Verbesserungen der optischen Telegraphen vor Augen haben konnte. Dasselbe sprach er auch am 5. Juli 1809 gegen Sömmering aus, der an diesem Tage bei dem Minister zur Tafel geladen war. Der Gelehrte erfasste den Gedanken mit solcher Lebhaftigkeit, dass er bereits am 8. Juli, also nur drei Tage später in sein Tagebuch schreiben konnte: „Nicht ruhen können, bis ich den Einfall mit dem elektrischen Telegraphen durch Gasentbindung realisiert.“

Sömmerings Apparat bezweckte ein Telegraphieren mittelst der Wasserzersetzung durch den galvanischen Strom. Er verwendete zwischen zwei Stationen 27 Leitungsdrähte, von denen 25 für die einzelnen Buchstaben, einer für den Punkt und einer für das Wiederholungszeichen bestimmt waren. Diese Drähte waren so gut als möglich isoliert und in einiger Entfernung von den Stationen zu einem Strange zusammengewunden. (Siehe nachfolgende Figur.) Auf der Station, wohin die Nachricht gelangen sollte, befand sich ein Wasserbehälter, in welchem die 27 Drähte endeten und über dem vergoldeten Ende eines jeden Leitungsdrahtes stand ein umgestürztes mit Wasser gefülltes, mit einem Buchstaben bezeichnetes Gläschen. An der Absende-

station befanden sich ebenso viele, ebenso mit dem Buchstaben bezeichnete Messingcylinderchen, von denen jedes das andere Ende des zum entsprechenden Gläschen führenden Drahtes trug.

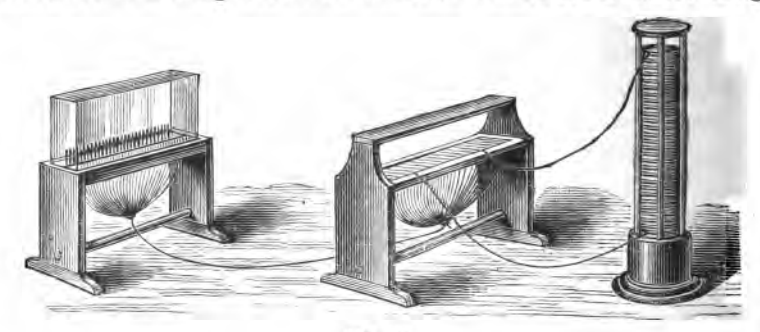


Fig. 23.

Die dabei verwendete Volta'sche Säule bestand aus 15 Brabanter Thalern und Zinkplatten mit zwischenliegenden mit gesättigter Kochsalzlösung befeuchteten Filzscheiben. Wurden nun zwei dieser Cylinder mit den Polen der Volta'schen Säule verbunden, so entstand in zweien der mit Buchstaben bezeichneten Gläschen auf der entfernten Station eine Gasentwicklung und zwar stieg in dem einen Gläschen Wasserstoff, in dem anderen Sauerstoff auf, was leicht erkannt werden konnte, da bei der Wasserzersetzung dem Raume nach doppelt so viel Wasserstoff entwickelt wird, als Sauerstoff. So konnten stets zwei Buchstaben zugleich telegraphiert werden, von denen der als der erste galt, bei welchem der Wasserstoff entwickelt wurde. Später telegraphierte Sömmering bloß einen Buchstaben und zwar durch die Wasserstoffentwickelung, indem er den Sauerstoff stets in demselben Gläschen entwickelte. Um die betreffenden Cylinderchen mit dem Poldrahte der Säule nicht mit den Händen, sondern auf bequemere Weise verbinden zu können, erfand Sömmering später eine Claviatur, bei welcher jene Verbindung durch das Niederdrücken einer Taste bewerkstelligt wurde. Auch versah er (jedoch erst im J. 1810) seinen Apparat mit eine von ihm erfundenen Hebelwecker, nachdem er früher (sch 1809) ein durch aufsteigende Gasblasen in Bewegung versetzt Schaufelrädchen zum Geben eines Allarmzeichens verwend

hatte. Bei dem Hebelwecker hatte der eine Arm eines horizontalen Hebels einen unten glockenförmig ausgehöhlten Ansatz, welcher unter Wasser über dem Ende eines Leitungsdrahtes hieng. Sobald nun die Gasentwickelung unter dieser Glocke stattfand, wurde dieselbe gehoben und der Hebel aus seiner horizontalen Lage gebracht, so dass dann ein Bleikügelchen in eine Schale herabfallen musste, welche bei ihrem dadurch veranlassten Niedergange ein Weckerwerk auslöste.

Sömmering gieng bei seinen Versuchen zu immer längeren Leitern über und telegraphierte am 15. März 1812 durch eine Drahtleitung von 10.000 Fuß Länge. Dennoch konnte sein Telegraph wegen der großen Kosten der vielen Drähte und der Unmöglichkeit, dieselben auf längere Zeit und in einer größeren Strecke gehörig isoliert zu halten, im Großen zu keiner praktischen Anwendung gelangen.

Einen Vorschlag zur Verminderung der Zahl der Leitungsdrähte machte 1811 Prof. Joh. Salomon Christoph Schweigger. Er hielt zwei Leitungsdrähte und zwei die Wasserzersetzung vermittelnde Spitzen für ausreichend, um alle erforderlichen Zeichen zu geben, wenn man nur die Zeitdauer der Wasserstoffentwickelung und die Pause zwischen zwei aufeinander folgenden Gasentwickelungen mit berücksichtigen wolle. Seine Ideen sind nur im Modelle zur Ausführung gekommen.

Eben so wenig gelangte der von Professor John Cox in Philadelphia gemachte Vorschlag zur Ausführung, nach welchem die zersetzende Kraft des galvanischen Stromes auf verschiedene Metallsalze zum Telegraphieren benutzt werden sollte.

Napoleon I., welchem die Methode der chemischen Telegraphie zur Benützung für militärische Zwecke unterbreitet wurde, soll dieselbe damals wegwerfend als „une idée germanique“ bezeichnet und von der Hand gewiesen haben.

§. 79. Ein neuer Weg zur Ausführung eines elektrischen Telegraphen eröffnete sich, nachdem gegen Ende des Jahres 1819 durch Oerstedt die Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom beobachtet worden war. Am 2. October 1820 legte Ampère der französischen Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung[320]) vor, in welcher er den ersten Vorschlag

zu einem elektromagnetischen Telegraphen machte. Es sollten eben so viele Magnetnadeln und doppelt so viele Leitungsdrähte, als Buchstaben zu bezeichnen waren, angewendet, und je zwei Leitungsdrähte mit den Polen einer Volta'schen Säule mittelst eines Tastenwerkes in Verbindung gesetzt werden, um durch die Ablenkung der einem Buchstaben entsprechenden Nadel eben diesen Buchstaben zu telegraphieren. Man brauchte nur diejenige Taste niederzudrücken, welche mit demselben Buchstaben bezeichnet war.

Ampère führte jedoch seinen Vorschlag nicht selbst aus, sondern Ritchie, welcher in diesem Sinne ein Modell construierte.[321]) Er umgab 30 Nadeln mit Multiplicatorgewinden; jede Nadel trug einen leichten Schirm, welcher im Ruhezustande der Nadel einen Buchstaben bedeckte und denselben erst sehen ließ, sobald die Nadel unter dem Einflusse des Stromes abgelenkt wurde. Die zu bedeutenden Kosten der Leitungsdrähte machten die Ausführung im Großen unmöglich.

Dagegen behauptet Moigno,[322]) dass Ritchie keinen solchen Telegraphen gebaut, sondern vielmehr an der Ausführbarkeit desselben seine Zweifel ausgesprochen habe.

Gustav Theodor Fechner[323]) in Leipzig machte 1829 einen ähnlichen Vorschlag wie Ampère; er wollte jedoch nur 24 Nadeln mit 48 Leitungsdrähten verwenden.

Ein späterer Vorschlag von Professor Alexander in Edinburg (1837) verminderte die Zahl der Drähte auf 31, indem er für sämmtliche Nadeln einen gemeinsamen Rückleitungsdraht annahm. Er construierte wirklich[324]) einen solchen Telegraphen und zeigte denselben öffentlich in der Society of Arts in Edinburg.[325])

Ein ähnlicher Apparat, bei welchem nur zwölf Nadeln genommen wurden, soll in demselben Jahre (1837) von Davy in London ausgeführt worden sein.

Jedenfalls kann nur die von dem russischen Staatsrathe Baron Pawel Lwowitsch Schilling v. Canstadt angegebene Idee als zur Ausführung brauchbar bezeichnet werden. Schilling, geb. zu Reval am 16. April 1786 stammte aus deutscher Familie. Er war bereits seit 1810 mit Sömmering auf das innig-

ste befreundet und betheiligte sich lebhaft an dessen telegraphischen Arbeiten. Im J. 1812 hatte Schilling einen in München verfertigten Sömmering'schen Telegraphen mit nach St. Petersburg genommen und mit demselben vor dem Kaiser Alexander Versuche angestellt.

Obwohl Schilling von den Entdeckungen Romagnosi's und Schweiggers bezüglich der Ablenkung einer Magnetnadel durch den galvanischen Strom Kenntnis hatte, [326]) so dachte doch weder er, noch Sömmering an eine praktische Verwertung dieser Beobachtungen, bei welchen er übrigens kaum einen bedeutenden Erfolg erzielt haben würde, da der Multiplicator noch fehlte.

In den Jahren 1820 bis 1830 war Schilling von Staatsgeschäften und verschiedenen Arbeiten so in Anspruch genommen, dass ihm keine Zeit zur Beschäftigung mit der Elektricität blieb; im Mai 1830 aber unternahm er eine Reise in die Mongolei und an die Grenzen von China, von wo er erst im März 1832 zurückkam,[327]) worauf er wahrscheinlich wieder seinen Lieblingsplan aufnahm. Es scheint, dass er zwei Telegraphen von ähnlicher Einrichtung entwarf; einen mit 5 Nadeln am Ende des Jahres 1832 und später 1835 (oder 1837) einen mit bloß einer Nadel.

Bei dem Fünf-Nadel-Telegraphen waren die Magnetnadeln an Seidenfäden horizontal aufgehängt. An jedem Faden war ein Scheibchen aus Kartenpapier befestigt, welches bei ruhender Lage dem Beobachter die scharfe Seite zukehrte, bei einer Ablenkung nach links oder rechts aber die eine oder die andere Fläche zeigte. Von diesen Flächen wurde jede mit einer Ziffer bezeichnet, so dass, da 5 Nadeln vorhanden waren, alle 10 Ziffern telegraphiert werden konnten. Damit die Nadel bei einer stärkeren elektrischen Erregung nicht um ihre Achse in einem ganzen Kreise einmal oder mehrmal herumgeschleudert werde, musste irgendwo eine kleine Strebe aufgerichtet werden, welche die Nadel hinderte, mehr als um 90 Grade abzuweichen. [328]) Um die Magnetnadel nach ihrer Ablenkung schneller in die Ruhelage zurückzuführen, verband Schilling mit der abzulenkenden Nadel eine kleine Platinschaufel, welche in Quecksilber tauchte.

Bei den Telegraphen mit bloß einer Nadel wurden die Buchstaben durch Gruppen zusammengehöriger Ablenkungen be-

zeichnet. In Schaffner's „Telegraph manuel" Seite 137 wird für Schillings Telegraphen mit 1 Nadel das Alphabet durch die entsprechenden Ablenkungen der Nadel angegeben.

Schilling versah seinen Telegraphen auch mit einer Allarmvorrichtung, um auf den Beginn des Telegraphierens aufmerksam zu machen. Er ließ nämlich die Magnetnadel bei ihrer ersten Bewegung eine Bleikugel herabstoßen, welche durch ihren Fall ein Weckerwerk auslöste.

Um nach Belieben einen positiven oder negativen Strom durch die Multiplicatorwindungen zu senden, wurden einfach von dem Telegraphierenden mit dem in dessen Händen befindlichen Multiplicatordrahtende entweder die Kupfer- oder die Zinkplatte berührt, welche mit zwischenliegendem feuchten Leiter zwischen zwei in einem schweren Klötzchen befestigten Stäbchen eingeklemmt waren.

Schilling zeigte seinen Telegraphen im Herbste 1835 bei Gelegenheit der in Bonn abgehaltenen Jahresversammlung deutscher Naturforscher und Ärzte daselbst und dann auch in Frankfurt a/M. Im März 1836 sah diesen oder einen nachgebildeten Telegraphen W. F. Cooke in Heidelberg und verpflanzte ihn nach England.

In demselben Jahre kam Schilling auch nach Wien und stellte daselbst mit dem Professor der Physik Andreas von Ettingshausen und dem Professor der Botanik Baron Jacquin Versuche an, welche sowohl in einer über zwei Straßen durch das Universitätsgebäude in der Luft, wie auch in einer im botanischen Universitätsgarten unterirdisch geführten telegraphischen Linie mit bestem Erfolge ausgeführt wurden. [329])

Nach St. Petersburg noch im Jahre 1836 zurückgekehrt, versuchte Schilling auch zwei Punkte des Admiralitätsgebäudes durch ein im Wasser des Canales liegendes langes Leitungsseil in telegraphische Verbindung zu setzen. Seine Ideen blieben aber im großen unausgeführt, denn er starb am 6. August 1837. Sein Telegraph mit einer Nadel wird von der Akademie der Wissenschaften in Petersburg aufbewahrt.

§. 80. Die erste praktische Anwendung der Nadelablenkung durch den elektrischen Strom wurde von den Götting-

Professoren *Gauß* und *Weber* 1833 in Göttingen ausgeführt wobei sie statt der bisher üblichen Volta'schen Säule sehr bald den *Inductionsstrom* anwendeten. *Karl Friedrich Gauß* wurde zu Braunschweig den 23. April 1777 geboren; er studierte, unterstützt von dem Herzoge von Braunschweig in den Jahren 1795—98 an der Universität Göttingen. Im Jahre 1799 gab er bei seiner Doctordisputation die ersten Proben seines großen Geistes. Von da an folgen gedrängt die großen, wissenschaftlichen Leistungen dieses tiefen, genialen Denkers, welche alle die größte Vollendung besitzen, auf dem Gebiete der Mathematik und Physik. Im Jahre 1807 wurde er Professor dieser Gegenstände an der Universität Göttingen und Director der Sternwarte, in welcher Stellung er daselbst im Jahre 1855 starb.

Wilhelm Weber, geboren zu Wittenberg 1803, besuchte seit 1815 die Unterrichtsanstalten des Waisenhauses und des Pädagogiums zu Halle, studierte an der Universität daselbst und arbeitete gleichzeitig mit seinem Bruder Ernst Heinrich Weber, Professor zu Leipzig, an der von beiden 1825 veröffentlichten Wellenlehre. Er promovierte im Jahre 1826 und habilitierte sich im folgenden Jahre in Halle, wo er drei Jahre blieb, hierauf aber bis 1837 als Professor der Physik in Göttingen wirkte. Wegen einer der Regierung missliebigen Erklärung landesverwiesen, erhielt er 1843 eine Professur in Leipzig und kehrte 1849 in seine frühere Stellung nach Göttingen zurück. Seit 1876 hat Weber seine Lehrthätigkeit aufgegeben. In dem Augenblicke, in welchem diese Zeilen niedergeschrieben werden, lebt der noch körperlich und geistig frische Greis in seinem lieben Göttingen, mit großem Interesse die Fortschritte der Physik verfolgend.

Diese beiden Männer waren es, welche zum erstenmale *im Großen* einen brauchbaren elektrischen Telegraphen anlegten. Sie spannten nämlich über einen Thurm und über Häuser der Stadt eine 3000 Fuß lange Leitung aus Kupferdraht, durch welche sie die Sternwarte mit dem magnetischen Observatorium verbanden. Diese Leitung blieb bis 1838 im Gebrauche; im Sommer 1844 wurde sie durch einen Blitzschlag größtentheils zerstört. Der Telegraph selbst, welchen sie construierten, ist

jetzt Eigenthum des Göttinger physikalischen Cabinetes. Er bestand aus einem Inductor zur Erzeugung eines Inductionsstromes, und zwar wurde die Magneto-Induction angewendet; aus einem Commutator und einem Observationsapparat.

Der Inductor war eine aus mehr als 1000, später aus 3500 Windungen bestehende Drahtrolle, welche an zwei Griffen auf zwei zusammengelegte 25pfündige Magnetstäbe rasch aufgestürzt und wieder davon abgezogen werden konnte. Die Magnetstäbe standen lothrecht in einer Art von Schemel, mit dem Nordpol die Erde berührend. (Fig. 24). Die beiden Enden dieser Drahtrolle waren mit einem Commutator und durch diesen mit den beiden isolierten Leitungsdrähten in Verbindung. An dem anderen Ende waren diese Leitungsdrähte mit dem Drahtgewinde des Observationsapparates verbunden. Dieser letztere war ein Gauß'sches Magnetometer, dessen Magnetstab eine Länge von 1·21 *m*, eine Breite von 75 *mm* und eine Dicke von 15 *mm* hatte. Dieser war an einem 3—4 *m* langen Drahte, frei drehbar innerhalb eines Multiplicatorgewindes aufgehängt. An dem Magnetstabe selbst oder etwas über demselben an seiner Drehachse befand sich ein Spiegelchen. Das Multiplicatorgewinde war noch von einer als Dämpfer wirkenden Spule umgeben, welche aus wenigen Windungen starken Kupferdrahtes bestand und die Aufgabe hatte, den abgelenkten Magnetstab durch die Wirkung der bei seinen Schwingungen inducierten Ströme schneller zur Ruhe zu bringen. Wenn man die am Inductor befindliche Drahtrolle von dem Magnet, auf den sie gestürzt war, rasch abzog und ohne sie umzudrehen, wieder darauf setzte, so entstanden zwei entgegengesetzt gerichtete Inductionsströme; durch den ersten entstand eine Bewegung des Magnetstabes nach rechts oder links, welche durch den zweiten Strom wie-



Fig. 24.

der aufgehoben wurde, so dass der Stab sogleich wieder zur Ruhe kam. Durch einen Quecksilber-Commutator wurde bewirkt, dass der erste Inductionsstrom in der einen oder der anderen Richtung gieng, so dass man eine beliebige Ablenkung des Magnetstabes nach rechts oder links erzeugen konnte, die am entfernten Orte mittelst eines Fernrohres F an einer unter diesem angebrachten Scala SS im Spiegel a beobachtet werden konnte. (Fig. 25.)

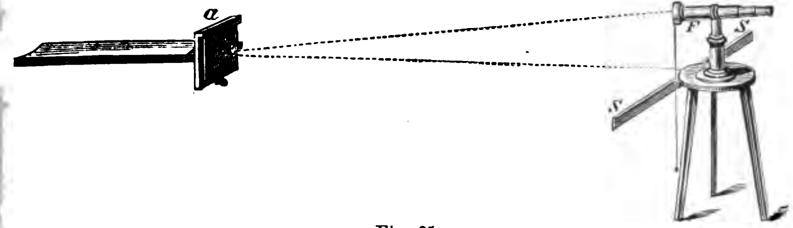


Fig. 25.

Durch Combinationen der zwei Bewegungen des Magnetstabes, der einen nach rechts, der anderen nach links, wurden nun die Buchstaben und Ziffern bezeichnet, so dass höchstens 4 Ablenkungen in einer einzigen Combination vorkamen.

Als Allarmapparat benützte Professor Weber einen Wecker. Durch entsprechende Umkehrungen des Stromes mittelst des Commutators bewirkte er eine stufenweise Vergrößerung der Schwingungen des Magnetstabes, so dass dieser endlich an einen im labilen Gleichgewichte aufgestellten Hebel stieß und dadurch die Hemmung eines Weckers auslöste.

§. 81. Durch Gauß wurde Professor Steinheil in München zur Beschäftigung mit der Telegraphie angeregt. Karl August v. Steinheil wurde am 12. October 1801 als Sohn eines pfalzzweibrückischen Hofrathes zu Rappoltsweiler im Elsass geboren. Er war als Kind äußerst schwächlich und kränklich. Man erzählt [330]), dass er einmal scheintodt bereits zur Beerdigung geschmückt im Sarge lag und dass der Hausarzt die Mutter mit den Worten zu trösten suchte: „Seien Sie froh, dass der Kleine todt ist; bei seinem schwachen Körperbau wäre doch nie etwas Rechtes aus ihm geworden."

Er besuchte zuerst das Lyceum in München und kam im Jahre 1821 an die Universität Erlangen, um die Rechte zu

studieren. Doch führte ihn bereits im folgenden Jahre seine Neigung zu mathematischen und astronomischen Studien zu Gauß nach Göttingen und später zum Astronomen Bessel, welcher in Königsberg als Professor der Astronomie thätig war und daselbst ein berühmtes Observatorium errichtet hatte, das Beobachtungen lieferte, deren ausgezeichnete Genauigkeit von keinen der bisherigen übertroffen wurde. Nachdem Steinheil 1825 wieder nach München zurückgekehrt war, erbaute er daselbst eine Privat-Sternwarte und construierte eine Reihe optischer Instrumente. Im Jahre 1835 wurde er Professor der Mathematik und Physik in München und Conservator der mathematisch-physikalischen Sammlungen des Staates.

Nachdem Steinheil durch Gauß persönlich zur Beschäftigung mit der Telegraphie angeregt worden war, und ihn König Ludwig I. mit den Mitteln zu seinen Versuchen ausgerüstet hatte, legte er im Sommer 1837 eine Leitung aus Kupferdraht an, welche von dem physikalischen Cabinete der königlichen Akademie in München nach der Sternwarte in Bogenhausen führte. Beide Drähte hin und zurück waren über die Dächer der Stadt hin, von Thurm zu Thurm gespannt. Über Strecken, wo sich keine hohen Gebäude befanden, wurde der Draht durch Floßbäume, welche 40—50 Fuß hoch waren, auf einem oben befestigten Querholze getragen, um welches er geschlungen war. Eine zweite Leitung, jedoch aus Eisendraht, führte Steinheil von der Akademie nach seiner Wohnung und Sternwarte in der heutigen Schwanthalerstrasse (damals Lerchenstraße genannt). Eine dritte Leitung endlich, aus dünnem Kupferdraht bestehend, gieng im Inneren des Akademiegebäudes nach dem Laboratorium des physikalischen Cabinets. Die längste Leitung, die von der Akademie in München nach der Sternwarte Bogenhausen, betrug etwa 3/4 Meile.

Schon ein Jahr früher (1836) gelang es *Steinheil*, den Gauß'schen Empfänger, dessen Princip (Nadelablenkung und Inductionsstrom) er beibehielt, so umzugestalten, dass derselbe die ankommenden telegraphischen Zeichen *aufzuzeichnen* und außerdem dem Ohre vernehmbar zu machen vermochte. Steinheil wandte als Zeichengeber einen um eine verticale Achse

drehbaren Magnet-Inductor (System Clarke) mit Quecksilber Commutator an. Sein Zeichenempfänger (Fig. 26 zeigt den Quer schnitt) enthielt innerhalb der Multiplicatorspule MM zwei Magnete NS, welche um verticale Achsen leicht drehbar waren und einander die entgegengesetzten Pole zukehrten. Jeder dieser beiden Magnete trug an dem einen Ende ein mit einer dunklen Flüssigkeit gefülltes Gefäßchen, welches in eine hohle Spitze

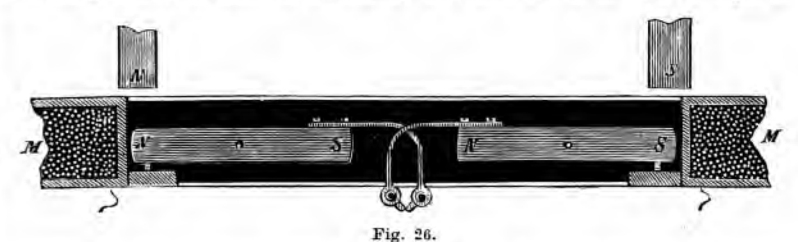


Fig. 26.

endigte; den anderen Enden gegenüber befand sich auch je ein Anschlag, um die Drehung dieser Enden in der Richtung gegen die Anschläge zu hindern. Sobald nun ein elektrischer Strom durch den Multiplicatordraht in der einen oder anderen Richtung gieng, suchte er die gleichnamigen Pole der Magnetstäbe nach derselben Seite hin abzulenken. Wegen der Anschläge konnte immer nur ein Magnetstab diese Bewegung ausführen, wobei er mit dem Ende, welches das Farbegefäßchen trug, aus dem Multiplicatorgewinde heraustrat, mit der hohlen Spitze gegen einen mittelst eines Uhrwerkes fortbewegten Papierstreifen angedrückt wurde, wodurch auf diesem ein Punkt entstand. Nach dem Aufhören des Stromes wurden die Magnetstäbe durch Richtmagnete wieder in ihre Ruhelage gebracht.

Die Steinheil'sche Schrift bestand demnach aus Punkten in zwei verschiedenen Zeilen. In beiden Zeilen konnte nie zugleich ein Punkt gemacht werden. Zur Signalisierung eines Buchstabens waren höchstens vier Punkte nothwendig.

Eine ganz ähnliche Vorrichtung wurde auch zur Herstellung eines akustischen Telegraphen verwendet, indem der hin und her abgelenkte Magnet gegen zwei Glocken von verschiedener Tonhöhe anschlug. Ebenso leicht konnte man sichtbare und hörbare Zeichen gleichzeitig entstehen lassen, wenn man

das eine Ende der Magnetstäbe mit den Farbegefäßchen, das andere Ende mit Hämmerchen versah, in deren Nähe die ungleich gestimmten Glöckchen angebracht wurden. [331]) Ein solcher Telegraph, welcher sichtbare und hörbare Zeichen zugleich gab, war im Jahre 1873 in Wien ausgestellt.

Steinheil machte auch die folgenreiche Entdeckung, dass das Erdreich sich als Leiter für den Strom benutzen lasse und dadurch die Hälfte der Leitungskette erspart werden könne. Schon Gauß hatte die Vermuthung ausgesprochen, dass sich vielleicht die beiden Geleise einer Eisenbahn zugleich als Leitung für einen elektrischen Telegraphen benutzen lassen. Die Versuche, welche Steinheil darüber anstellte, zeigten, dass dies unmöglich sei. Dabei kam er jedoch auf den Gedanken, den einen Schienenstrang als Rückleitung zu benutzen. Dies geschah im Sommer 1838 bei einer Eisenbahn-Telegraphen-Anlage zwischen Nürnberg und Fürth, [332]) was ihm auch vollständig gelang. Als nun anlässlich einer Schienenauswechslung diese Leitung unterbrochen wurde, und der Telegraph doch weiter functionierte, erklärte Steinheil sofort, dass dies nur durch das Leitungsvermögen der Erde begründet werden könne. [333]) Er verband von nun an, statt einen doppelten, hin- und zurücklaufenden Leitungsdraht anzuwenden, die Enden eines einzigen Drahtes mit einer großen, in das Erdreich eingegrabenen Metallplatte. Eigenthümlich ist es, dass eine Entdeckung von solcher Tragweite erst nach Jahren zur allgemeinen Anwendung gelangte, denn noch im Jahre 1840 wurde in England eine Telegraphenlinie mit fünf Drähten für einen Fünfnadeltelegraphen gebaut.

Steinheil zeigte ferner, wie die nachtheiligen Einflüsse des Blitzes auf die Telegraphen-Apparate unschädlich gemacht werden können, [334]) nachdem er sich überzeugt hatte, dass der Funke der atmosphärischen Elektricität lieber bei einer kleinen Unterbrechung überspringt, als dass er einen Umweg durch einen langen Draht macht, während im Gegentheile der galvanische Strom eher eine continuierliche Leitung von mehreren Meilen durchläuft, als dass er auf ganz kurzem Wege den Kreislauf mittelst Überspringens über eine in der Leitung befindliche noch so kleine Unterbrechung vollendet.

Er ließ 1846 auf der München-Nanhofener-Linie die von beiden Seiten kommenden Leitungsdrähte auf dem Dache des Stationshauses an zwei nur durch ein feines Seidenzeug getrennte Kupferplatten anlöthen und führte von diesen dünne Drähte nach den Apparaten. Die atmosphärische Elektricität nahm auf diese Weise den kürzesten Weg, indem sie zwischen den Platten übersprang und würde im ungünstigsten Falle die Drähte abgeschmolzen haben, bevor sie zum Zeichengeber gelangte, während der galvanische Strom der Linie ungehindert durch den Zeichengeber circulieren konnte und auf keinen Fall durch das Seidenzeug zwischen den Platten übersprang. Später setzte er nur die eine Platte mit der Leitung, die andere aber mit der Erde in Verbindung.

Im Jahre 1849 wurde Steinheil von der österreichischen Regierung nach Wien berufen, wo er zum Chef des Telegraphen-Departements im Handelsministerium ernannt wurde, und in dieser Stellung während der nächsten zwei Jahre an der Einrichtung eines alle Kronländer umfassenden Telegraphennetzes arbeitete.

Nachdem er hierauf innerhalb sechs Monaten die Schweiz mit einem vollständigen Telegraphen-Linien-System versehen hatte, kehrte er wieder nach München in seine frühere Stellung zurück. Auf besonderen Wunsch des Königs Max II. gründete er im Jahre 1854 eine optisch-astronomische Werkstätte.

Der rastlos thätige Mann beschloss sein an Erfolgen reiches Leben am 14. September 1870 nach einer wenige Wochen vorher eingetretenen plötzlichen Erblindung.

§. 82. Während in Deutschland Gauß und Steinheil sich um die Ausbildung der elektrischen Telegraphen verdient machten, hatte der Schilling'sche Telegraph seinen Weg nach England gefunden, woselbst Cooke und Wheatstone denselben zu vervollkommnen suchten.

William Fothergill Cooke, der Sohn eines Professors er Medicin an der Universität Durham, beschäftigte sich seit 835 in Heidelberg mit Anfertigung anatomischer Wachspräarate für seinen Vater. Dort erfuhr er, dass Hofrath Muncke, 'rofessor der Physik in Heidelberg, in seinen Vorlesungen einen

Telegraphen-Apparat vorzeige, mit welchem er aus einem Zimmer in das andere telegraphiere. Wiewohl Cooke sich bis dahin nicht mit Elektricität, ja nicht einmal mit Physik überhaupt beschäftigt hatte, besuchte er am 6. März 1836 Muncke's Vorlesung, in welcher er das Telegraphieren kennen lernte und auch hörte, dass es auch auf bedeutende Entfernungen ausführbar sei. Er beschloss nun, seine bisherige Beschäftigung aufzugeben und sich ganz der Telegraphie, die sein höchstes Interesse erweckt hatte, zu widmen. Er wollte anfänglich besonders Eisenbahnzwecke verfolgen. Nachdem er einen dem Muncke'schen gleichen Apparat mit drei Nadeln und sechs Drähten hatte anfertigen lassen, traf er mit demselben am 22. April in London ein.

In England fand die deutsche Erfindung einen sehr gut vorbereiteten Boden. Dort war nämlich schon 1825 eine Eisenbahn zwischen Stockton und Darlington und im folgenden Jahre die Liverpool-Manchester Bahn eröffnet worden. Von dieser Zeit bis zum Jahre 1843 entstanden in England über 300 Eisenbahnen in einer Länge von etwa 442 deutschen Meilen. Diese Bahnen boten ein günstiges Feld für die Einführung der Telegraphen.

Cooke bemühte sich zur Verminderung der Zahl der Drähte einen Zeigertelegraphen herzustellen, wobei er anfänglich die Einrichtung der Spieldosen nachahmte. Auf jeder der beiden Stationen befand sich eine Walze, welche durch ein Räderwerk mittelst eines Elektromagnetes durch den elektrischen Strom in Bewegung gesetzt werden konnte. Die Triebwerke beider Stationen mussten dabei in ihrem Gange übereinstimmen; sie konnten beim Aufhören des Stromes durch einen abfallenden Ankerhebel wieder gehemmt werden. Mit der Walze drehte sich eine Buchstabenscheibe, so dass die Buchstaben der Reihe nach an einem Fensterchen des Rahmens des Apparates sichtbar wurden. Sobald der zu telegraphierende Buchstabe am Fensterchen erschien, hemmte Cooke durch Unterbrechung des Stromes das Triebwerk.

Wenige Monate später (im Juli 1836) wendete Cooke zwei Elektromagnete an, welche abwechselnd einen Eisenanker, der

sich an einem frei herabhängenden Pendel befand, anzogen und dadurchdem Pendel eine hin- und hergehende Bewegung ertheilten, wobei das an dem Pendel sitzende Echappement sich abwechselnd in die Zähne des Steigrades einlegte, so dass der auf die Steigradachse aufgesetzte Zeiger sich schrittweise über der Buchstabenscheibe bewegen musste.

Dieser Telegraph erschien jedoch der Direction der Liverpool-Manchester-Bahn, welcher er für Eisenbahnzwecke zur Benutzung empfohlen wurde, nicht einfach genug und wurde die Einführung desselben abgelehnt.

Cooke mochte wohl fühlen, dass ihm physikalisches Wissen abgehe und verband sich deshalb anfangs Mai 1837 mit Wheatstone.

Charles Wheatstone in Gloucester 1802 geboren, zeigte bereits in früher Jugend große Vorliebe für Physik im allgemeinen und nachdem er sich in London, noch ein sehr junger Mann, als Fabrikant musikalischer Instrumente niedergelassen hatte, beschäftigte er sich speciell mit Akustik, auf welchem Gebiete er mehrere wertvolle Abhandlungen veröffentlicht hat. Im Jahre 1834 wurde er Professor der Experimental-Physik am Kings-Collegium in London und in demselben Jahre erschienen in den „Philosophical Transactions“ seine Mittheilungen der von ihm behufs Messung der Geschwindigkeit der Elektricität angestellten Versuche.

Da es nicht unsere Aufgabe sein kann, hier eine ausführliche Schilderung des Lebenslaufes und der Leistungen dieses verdienten Mannes zu geben, so wollen wir nur noch erwähnen, dass seine Arbeiten über die Bestimmung der Constanten der Elemente ihn zu einem vorzüglich genauen Messverfahren der zu bestimmenden Widerstände, nämlich zu der „Wheatstone'-schen Brücke“ führten, und dass er in den letzten Jahren seines Lebens sich besonders mit Arbeiten bezüglich unterirdischer und submariner Telegraphenleitungen beschäftigte. Er starb 1875 n 73. Lebensjahre zu Paris, wurde aber in London beigesetzt.

Diese beiden Männer nahmen im Juni desselben Jahres ır England ein Patent auf einen Apparat mit fünf Nadeln nd fünf Leitungsdrähten, der zwar bequemer war als die

früheren, aber im Vergleiche zu den um dieselbe Zeit in Deutschland bestehenden Einrichtungen von Steinheil als unpraktisch und hinsichtlich der Leitung als höchst kostspielig bezeichnet werden muss. Die Leitungen wurden in eisernen Röhren eingeschlossen und diese theils in die Erde eingegraben, theils auf niedrigen Pfosten über der Erde hingeführt; der dabei verwendete Kupferdraht ward mit Baumwolle überzogen und sorgfältig gefirnisst. Die Leitung kam zwar auf einer Länge von 30 englischen Meilen auf der Great-Western-Eisenbahn zur Ausführung, aber die Kosten waren so bedeutend, dass eine weitere Fortsetzung der Linie unterbleiben musste. Die Kosten betrugen für 1 englische Meile etwa 300 Pfund Sterling.

Bei diesem Fünfnadeltelegraphen stand auf jeder Station ein Rahmen mit fünf Multiplicatoren und Nadeln, nebst einer Claviatur von ebenso vielen Tasten und der Batterie. Die Multiplicatoren standen einerseits mit diesen Tasten, anderseits mit den fünf Leitungsdrähten in Verbindung und konnten durch Niederdrücken der Tasten mit der Batterie verbunden werden. Die fünf Nadeln standen in der Ruhelage vertical und wurden durch einen positiven oder negativen elektrischen Strom nach links oder rechts abgelenkt. In jedem Falle wurde der Strom zugleich durch je zwei Multiplicatoren geleitet, so dass die eine Nadel nach rechts, die andere nach links abgelenkt wurde, so dass immer zwei Nadeln an der einen oder der anderen Seite convergierten. Die Convergenzpunkte dieser Abkürzungsrichtungen waren mit Buchstaben bezeichnet; eine jede Ablenkung von zwei Nadeln gab daher direct den zu telegraphierenden Buchstaben an.

Dieser Telegraph fasste keinen festen Fuß in England; die Erfinder gaben daher ihr System auf, indem sie auf das directe Signalisieren der Buchstaben verzichteten; sie adoptierten das Gauß'sche System und stellten die Signale durch Combination der zwei Ausschläge von einer oder höchstens von zwei Magnetnadeln dar.

Bei dem einfachen Nadeltelegraphen ist innerhalb eines Gehäuses, auf dessen Außenseite sich das Zifferblatt und ein Zeiger befindet, ein vertical stehender Multiplicator angebracht. Eine horizontale, durch die Mitte des Rahmens gehende

Achse trägt die astatische Magnetnadel, deren eine Nadel innerhalb des Rahmens sich befindet, während die andere auf der Vorderseite des Kastens eben den Zeiger darstellt.

Am unteren Theile des Gehäuses ist ein Griff, durch dessen Drehung nach rechts oder links ein Commutator gedreht wird.

Auf jeder der mit einander verkehrenden Stationen war ein solcher Apparat aufgestellt.

Die telegraphischen Zeichen waren zum Theile compliciert und ihre Ausführung ziemlich zeitraubend, weil ein großer Theil der Buchstaben drei und vier Ausschläge erforderte. Diesem Übelstande wurde durch den Doppelnadeltelegraphen abgeholfen. Dieser ist eigentlich nur eine Verbindung von zwei einfachen Nadeltelegraphen. Er erfordert natürlich außer der Erdleitung noch zwei Leitungsdrähte, aber bei ihm ist die Zeichengebung einfacher, weil sich durch einzelne oder gleichzeitige Ablenkungen zweier Nadeln die zu gebenden Zeichen mit weniger Ausschlägen ausdrücken lassen, als bei einem einfachen Nadeltelegraphen.

Diese beiden Telegraphen fanden in England eine sehr allgemeine Verbreitung.

§. 83. Inzwischen stellte in Frankreich Masson 1837 auf einer etwa $^{1}/_{4}$ Meile langen Linie bei Caën Versuche mittelst Nadeln und einer Inductionsmaschine an und setzte dieselben 1838 mit Breguet fort. In Amerika endlich reichte im October 1837 der Maler Morse in Newyork ein Gesuch um ein Patent für einen von ihm construierten Telegraphen ein.

Samuel Finley Breese Morse wurde zu Charlestown im Staate Massachusets am 27. April 1791 geboren. Er war der älteste Sohn des durch seine Geographie von Amerika bekannten Geistlichen Jedediah Morse. Da er schon in frühester Jugend Anlagen für darstellende Künste zeigte, so widmete er sich, nachdem er 1810 seine Studien im Yale-College vollendet hatte, der Malerei und erhielt an einer Malerschule in England 1811 bis 1815 seine Ausbildung. Bereits im Jahre 1813 war eines seiner größeren Bilder „Dying Hercules“ in der königl. Akademie in London ausgestellt und ließ sehr vieles von dem jungen Künstler erwarten. Er erhielt als Preis öffentlich die goldene Me-

daille der „London-Adelphia-Society of Arts“. Im Jahre 1815 gieng er nach Amerika zurück voll schöner Hoffnungen auf eine glänzende Zukunft. Allein seine materiellen Verhältnisse gestalteten sich bald so traurig, dass er sich dazu hergeben musste, fast um jeden Preis Portraits anzufertigen. Durch die Sorgen um das tägliche Brot in seinem künstlerischen Streben



Fig. 27. Samuel Finley Breese Morse.

niedergehalten, lebte er bald in Boston, bald in verschiedenen Städten in New-Hampshire, bald im Süden, bald im Norden von Amerika.

Im Jahre 1825 begründete er eine Malergesellschaft, die den Keim bildete zu der „National Academy of Design“, deren Präsident er mehrere Jahre nach ihrer Gründung blieb.

Er besuchte im Winter von 1826—27 eine Reihe von Vorlesungen, welche Professor Dana im Athenäum zu Newyork über Elektricität hielt.

Im Jahre 1829 unternahm er eine zweite Reise nach Europa, um hier die Einrichtungen der Malerakademien zu studieren. Er hielt sich durch drei Jahre, theils in England, theils in Frankreich und Italien auf. Während dieser Zeit beschäftigte er sich auch viel mit den neuen Entdeckungen auf dem Gebiete des Elektromagnetismus, stellte selbst Experimente an und scheint so die Anforderungen kennen gelernt zu haben, die man damals an einen elektrischen Telegraphen stellte. Während der Rückfahrt nach Amerika 1832 soll Morse bereits, wie er selbst behauptet, den Plan zur Erzeugung einer telegraphischen Schrift auf elektrochemischem Wege gefasst haben, wie er auch noch vor seiner Landung in Amerika einen Apparat zur Erzeugung einer Schrift durch elektromagnetische Anziehung entworfen haben will. Von manchen Seiten wird behauptet, dass Dr. Charles T. Jackson aus Boston, welcher Pouillet's elektrische Experimente in der Sorbonne gesehen hatte und am Bord des Schiffes anwesend war, Morse beim Fassen der ersten Idee von dem elektrischen Telegraphen unterstützt habe.[335])

Seit dieser Zeit beschäftigte sich Morse mit der Herstellung eines elektromagnetischen Schreibtelegraphen, aber er kam erst im Jahre 1835 dazu, seinen Apparat wirklich auszuführen. Im Herbste jenes Jahres zeigte er in der Newyorker Universität das Modell eines solchen, doch erst im September 1837 nahm er ein Patent und trat mit einem selbstgefertigten Telegraphen an die Öffentlichkeit. Derselbe lieferte die in Fig. 28 abgebildete Zickzackschrift, welche ein vertical stehender Ankerhebel eines horizontal liegenden Elektromagnetes mit einem am unteren Ende befestigten Schreibstifte auf einem Papierstreifen niederschrieb, indem der Ankerhebel durch den Elektromagnet horizontal hin- und herbewegt und der Papierstreifen durch ein von einem Gewichte in Gang gesetztes Triebwerk an dem Stifte gleichförmig vorbeigezogen wurde. Die Zacken oder Spitzen dieser Züge gaben die Nummern an, unter denen die telegraphierten Wörter in einem telegraphischen Wörterbuche zu finden waren.

Die in der Fig. 28 abgebildete zickzackförmige Schrift deutete die darunter gesetzten Zahlen: 214, 36, 2, 58, 112, 04, 1837 an, deren Entzifferung mittels des Wörterbuches den Satz

lieferte: „Gelungener Versuch mit Telegraph September 4. 1837.“[336]) Der älteste Morse-Telegraph war mittels einer alten Malerstaffelei hergestellt worden. Der Elektromagnet an demselben wog 158 Pfund und es waren zwei Menschen erforderlich, um ihn mit seinem Gerüste von der Stelle zu bewegen. Dieser Riesenapparat wurde nur kurze Zeit beibehalten und bald durch einen anderen von kleineren Dimensionen nach Angabe des Professors Page ersetzt.

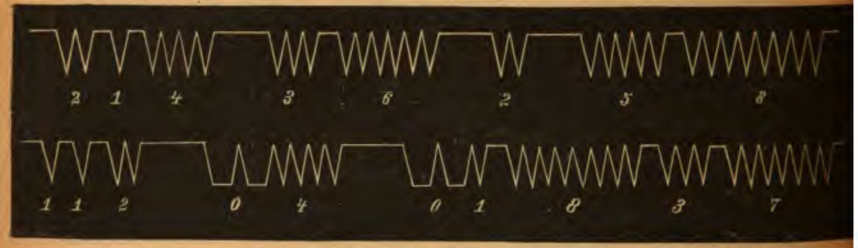


Fig. 28.

Dieser letztere Telegraph blieb bis zum Jahre 1843 großentheils im Gebrauche. In diesem Jahre erhielt Morse, nachdem er vier Jahre lang durch Armuth und Vorurtheile sich durchgekämpft hatte, von der nordamerikanischen Regierung die Mittel zur Erbauung der ersten Morse-Telegraphenlinie Washington-Baltimore, welche am 27. Mai 1844 eröffnet wurde. Nach dem Muster jenes Telegraphen sind nach vorgenommenen Verbesserungen die jetzt im Betriebe befindlichen Apparate construiert. Die Erde als Rückleiter wurde in Amerika zuerst angewendet, nachdem die Linie Baltimore-Washington etwa sechs Monate im Betriebe stand. [337])

Auf dieser Linie wendete Morse auch bereits ein Relais an. Ein solches hatten aber schon 1837 Cooke und Wheatstone für den ihrem Nadeltelegraphen beigegebenen Wecker benützt.

Der Striche und Punkte schreibende Telegraph wurde 1849 von dem Amerikaner Robinson nach Europa gebracht (Linie Cuxhafen-Hamburg) und von dem 1850 gegründeten deutsch-österreichischen Telegraphenverein allgemein eingeführt.

Bei den ersten Morse'schen Apparaten telegraphierte man mit „Ruhestrom“, d. h. es war im Ruhezustande eine Batterie

fortwährend durch die Linie hindurch geschlossen und es wurde durch Niederdrücken des Tasters der Strom unterbrochen und der Schreibapparat in Thätigkeit gesetzt. Später begann man gewöhnlich mit „Arbeitsstrom" zu telegraphieren, d. h. der Strom wird nur dann geschlossen, wenn der Schreibapparat in Thätigkeit gesetzt werden soll.

Der Umstand, dass die Aneignung der manuellen Fertigkeit des Zeichengebens mittelst des Tasters vielen Individuen große Schwierigkeiten macht, veranlasste Morse, den Taster durch eine „Schreibplatte" zu ersetzen, welche jedoch in Europa nicht dauernd in Gebrauch gekommen ist. Dieselbe bestand aus Elfenbein und enthielt starke Punkte und Linien aus Messing eingelegt. Die ganze Tafel war auf einer darunter liegenden Metallplatte festgelöthet. Der von der entfernten Station kommende Leitungsdraht war mittelst eines dünnen, spiralförmig gewundenen, gut isolierten Drahtes an einem metallenen, mit Elfenbein umgebenen Stift mit Platinspitze befestigt. Wurde der Stift gleichmäßig über eine Reihe der eingelegten Metallstücke von links nach rechts hinweggeführt, so entstanden auf der entfernten Station am Papierstreifen des Schreibapparates die entsprechenden Punkte und Linien.

Nach solchen Erfolgen wurden dem genialen Erfinder Auszeichnungen und Ehren zu Theil. Er wurde Elektriker der Newyork and London Telegraph-Company, ferner Professor am Yale-College in New-Hawen; im Jahre 1857 traten die Vertreter von zehn Ländern Europas in Paris zusammen und votierten ihm ein Ehrengeschenk von 400.000 Francs. Die Yale Universität ernannte ihn zum Ehrendoctor, von Frankreich erhielt er den Orden der Ehrenlegion. In den Jahren 1871 und 1872 wurden ihm in Newyork zwei Denkmäler gesetzt. Er starb am 2. April 1872 zu Newyork, mit dem erhebenden Bewusstsein, etwas Unvergängliches für die Menschheit geschaffen zu haben.

§. 84. Der Morse'sche Telegraph hatte bald die meisten anderen Apparate vom Schauplatze der Thätigkeit verdrängt, so den Bain'schen Nadeltelegraphen, welcher besonders in Österreich mit einigen nicht unwesentlichen Abänderungen im Jahre 1846 eingeführt worden war. Alexander Bain aus Edin-

burg verwendete bei seinem Telegraphen nicht wie bisher, geradlinige Nadeln, sondern zwei halbkreisförmige Magnete, welche sich in zwei Multiplicatorspulen befanden (Fig. 29), so dass sich ihre gleichnamigen Pole, ohne sich zu berühren, gegenüber lagen; das eine Ende des Multiplicatordrahtes stand in Verbindung mit der Leitung, das andere mit dem Commutator, welcher die Aufgabe hatte, bald dem von der anderen Station kommenden

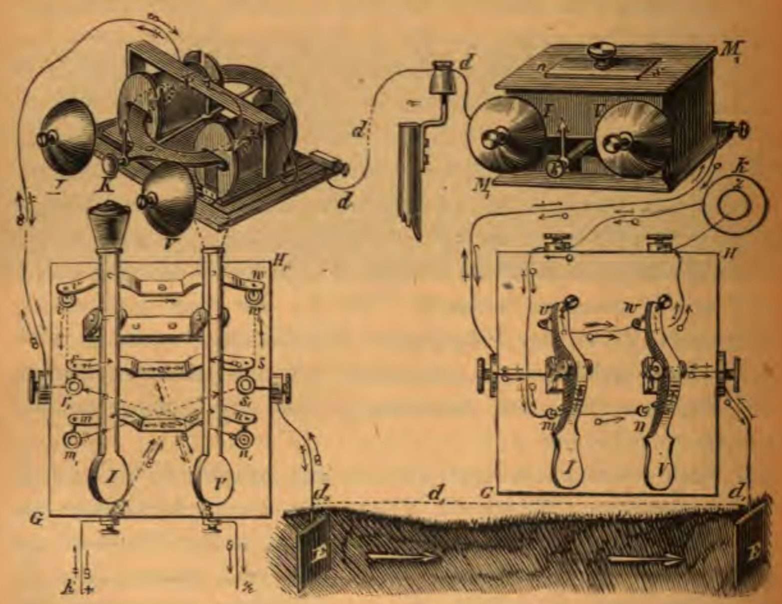


Fig. 29.

Strome freien Durchgang durch die Drahtspulen zu gewähren, bald auch den Strom der eigenen Batterie nach Willkür in der einen oder der anderen Richtung durch die Leitung zu senden. Ein Messingstab verband die beiden Magnete zu einem um eine Achse drehbaren Magnetkranze. Die beiden Drahtspulen und die Magnete befanden sich in einem Kästchen, an dessen einer Seite in der Ebene des beweglichen Kreises eine Spalte sich befand, durch welche die Verlängerung des Messingstabes gieng, dessen Ende einen verticalen Zeiger trug.[338]) An dieser Wand waren zwei Glöckchen von verschiedener Tonhöhe angebracht,

das eine mit I bezeichnete auf der rechten, das andere mit V bezeichnete auf der linken Seite des Zeigers, und zwar so, dass ein Knopf des Zeigers bei der Bewegung des magnetischen Kreises in Folge eines nach rechts oder links durch die Spulen gesendeten Stromes das eine oder das andere Glöckchen anschlagen konnte.

War die Strömung unterbrochen, so wurde der Magnetkranz durch einen am oberen Deckel des Kästchens angebrachten Magnetstab in seine ursprüngliche Lage zurückgeführt.

Bain combinierte das Alphabet und die Ziffern durch Gruppen von höchstens vier Elementarzeichen, nämlich von kurzen und länger dauernden Nadelausschlägen nach rechts und links, wobei sich die langen auch nach dem Gehör sehr deutlich von den kurzen unterscheiden ließen, da der bei ersteren an dem Glöckchen liegenbleibende Knopf des Zeigers den Ton dämpfte, während bei den kurzen Ablenkungen die Glöckchen hell tönen.

Die in Österreich zum Gebrauche auf Eisenbahnen vorgenommenen Veränderungen des Bain'schen Telegraphen, besonders der aus zwei horizontalen Tasten bestehende Commutator stammen von dem Mechaniker Eckling in Wien.

§. 85. Mit der Verbesserung der Morse'schen Vorrichtungen haben sich Robinson, Halske, Siemens, Kramer, Stöhrer, John, Digney und Baudoin, Breguet u. a. beschäftigt.

Versuche, die Zeichen auf dem Papierstreifen farbig herzustellen, wurden bereits von Morse gemacht, bevor er sich zur Reliefschrift entschloss.[339]) Anderweitig angestellte Versuche bestanden darin, dass man den stählernen Schreibstift durch Graphit, Rothstein und dgl. zu ersetzen suchte. Da die Schrift jedoch leicht verlöscht wurde, so gelangten diese Verfahren zu keiner großen Geltung.

Auch Steinheil's Telegraph war mit kleinen Farbgefäßchen versehen. Alfred Vail brachte an dem Schreibhebel sich selbst speisende Federn (fountain pens) an. August Kramer vertauschte in seinem Schreibtelegraphen für Morseschrift den Stift mit einem Schreibgefäße, aus dessen capillarer Öffnung die eigens zubereitete Farbe ausfließt. Auf diese Weise konnte das Relais erspart bleiben, da der Farbschreiber keine so kräf-

tige Wirkung auf dem Papierstreifen auszuüben hat, wie der Stiftschreiber.

Am erfolgreichsten war die Herstellung von Farbschreibern in Angriff genommen 1854 durch den österreichischen Ingenieurassistenten Thomas John in Prag, welchem es gelang, nachdem er bereits zwei Jahre früher mit einem ähnlichen Gedanken hervorgetreten war, die Morsezeichen auf der Wiener Central-Telegraphenstation in Schwarzschrift auf dem Papierstreifen mittels eines drehbaren Farbscheibchens wiederzugeben.

Da das österreichische Handelsministerium auf John's Forderungen nicht eingieng, so begab sich dieser nach London uud Paris. Im Jahre 1856 wurde John's Telegraph in Frankreich, England und Belgien patentiert und von Digney & Comp., welche ein Verbesserungspatent nahmen, verwertet, ohne dass der Erfinder Früchte seiner Erfindung geerntet hätte.

In neuester Zeit sind die Farbschreiber, bei welchen anfänglich die Schrift klexig werden oder aus Mangel an Farbe ausbleiben konnte, so ausgebildet und verbessert worden, dass durch sie die Reliefschreiber auf verkehrsreichen Stationen bereits verdrängt worden sind. Zu den gebräuchlichsten Farbschreibern gehören gegenwärtig die von Digney, Lewert und Siemens, und vor allen der Normal-Farbschreiber.[340])

Auch an Versuchen, in zwei Zeilen vertheilte Striche und Punkte zu einer telegraphischen Schrift zu gruppieren, hat es nicht gefehlt. Der Mechaniker Emil Stöhrer in Leipzig wendete unter Beibehaltung eines einzigen Leitungsdrahtes einen Schreibapparat mit zwei Hebeln und zwei Stiftchen an, welche mittels eines eigenthümlich construierten Relais nach der Willkür des entfernten Telegraphisten unter Anwendung zweier Tasten einzeln in Bewegung gesetzt werden konnten. Dieser Apparat hatte demnach über vier Elementarzeichen zu verfügen, einen oberen und einen unteren Punkt, eine obere und eine untere Linie. Da hierbei die einzelnen Buchstaben durch weniger Elementarzeichen ausgedrückt werden können als bei dem Einstift-Apparate, so ist klar, dass die Geschwindigkeit, mit welcher der Stöhrer'sche Apparat arbeitet, weit größer ist, als bei dem Morse'schen. Derselbe kam auch bei den Staatste-

graphen in Sachsen und Baiern (1849 bis 1858) und versuchsweise in Österreich in Gebrauch, doch musste er wegen des Directdurchsprechens dem Einstift-Apparate im Gebiete des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereines allgemein weichen. In dem letztverflossenen Decennium wurden wieder besonders zwei Vorschläge zu einer telegraphischen Schrift gemacht, welche lediglich aus in zwei Zeilen vertheilten, durch gleich kurze positive und negative Ströme erzeugten Punkten besteht. Der eine dazu bestimmte Telegraph wurde von G. Jaite in Berlin 1868 bis 1870 entworfen und von W. Gurlt gebaut. Der andere stammt von Siemens 1872.

§. 86. Schreibtelegraphen, welche die Schriftzeichen durch die chemische Zersetzung eines flüssigen Körpers mittels des elektrischen Stromes entstehen lassen, construierten vorzüglich Davy (patentiert 1838), Bain (patentiert 1846), der österreichische Telegraphendirector Wilhelm Gintl (1853) und Stöhrer bei seinem Doppelstiftapparat.

Bei Gintl's chemischem Telegraphen wurde ein Streifen ungeleimten Papieres durch die Papierzugwalzen zunächst über einen Schwamm hin, gegen welchen ihn eine kleine Walze andrückte, dann zwischen einem Metallstege und dem gegen diesen geneigten auf dem Papierstreifen anliegenden Schreibstifte aus Metall hindurchgeführt. Der Schwamm lag in einem die Annetzflüssigkeit enthaltenden Troge. Der Streifen wurde zur Erzeugung einer violetten Schrift mit einer Flüssigkeit von 1 Gewichtstheil Jodkalium, 40 Gewichtstheilen Wasser und 20 Gewichtstheilen dickem Stärkekleister getränkt und zum Annetzen eine gesättigte Alaunlösung oder sehr verdünnte Schwefelsäure gebraucht. So oft und so lange durch einen Morse-Taster beim Telegraphieren geschlossen wurde, entstand ein farbiges Zeichen auf dem von dem Strome mit durchlaufenen Streifen. Man konnte auf diese Weise Striche und Punkte hervorbringen. Sollen diese Zeichen auf der oberen Seite des Papierstreifens entstehen, so muss der positive Strom vom Stift auf den Steg übergehen, da sich das elektronegative Jod an der Anode ausscheidet.

Den Streifen der sprechenden Station schaltet man zweckmäßig durch eine Nebenschließung aus. Mit 4 Daniell'schen

Elementen vermochte man am 18. September 1853 von Berlin bis Amsterdam (fast 800 Kilometer) zu sprechen. [341])

Ungeachtet seiner sonstigen Einfachheit, da er keinen Elektromagneten enthält und keines Relais bedarf, konnte dieser Apparat keine ausgedehnte Anwendung finden, da besonders in Stationen, welche nur in größeren Pausen zu telegraphieren haben, das Papier leicht zu trocken wird und dann den Strom nicht leitet, da er ferner eines besonderen Weckers bedarf und die am hinreichend feuchten Papier erzeugten Zeichen leicht verschwimmen, zudem die Reinlichkeit der Apparate verloren geht und beim Trocknen der Streifen in zu großer Wärme die Schrift verschwindet.

Eine besondere Art chemischer Telegraphen, die Copiertelegraphen, bei denen die geschriebene Depesche auf der Aufgabestation den Strom schließt und wieder unterbricht und an der Empfangstation auf elektrolytischem Wege mit handschriftlicher Treue nachgebildet wird, haben ungeachtet ihrer scharfsinnig erdachten Einrichtung eine nur vorübergehende Anwendung in der Praxis gefunden. Solche Copiertelegraphen wurden erfunden von Bain, Backewell, Charles, Cros, Caselli u. s. w.

Den ersten eigentlichen Copiertelegraphen construierte der Engländer Frederik Callier Backewell im Jahre 1847. Er verwendete dabei zwei gleichgroße Metallcylinder, den einen auf der Absendestation, den anderen auf der Empfangstation. Diese Cylinder wurden durch ein Triebwerk in eine mit vollständig übereinstimmender Geschwindigkeit stattfindende Drehung versetzt. Auf den Cylinder der Absendestation kam das mit einem isolierenden Schreibmaterial z. B. mit Harzfirniss auf einem die Elektricität leitenden Stoffe z. B. auf einem Stanniolblatte geschriebene oder umgekehrt in einen nicht leitenden Überzug der Folie eingekratzte Originaltelegramm. Auf dem Cylinder der Empfangstation befand sich ein chemisch präpariertes (mit blausaurem Kali getränktes und mit verdünnter Salzsäure befeuchtetes) Papier.

Auf jedem Cylinder lag ein auf eine fein geschnittene Schraube aufgesteckter Metallstift, welcher während der Drehung

des Cylinders an der sich mit umdrehenden Spindel langsam fortrückte. Der Metallstift der Empfangstation erzeugte so auf dem getränkten Papiere eine farbige (blaue) Schraubenlinie, welche nur an jenen Stellen unterbrochen war, an denen der Stift der gebenden Station über den nichtleitenden Firniss hinweggieng.

Im Jahre 1855 nahm der Abbé Giovanni Caselli in Paris für Frankreich und England Patente auf einen Copiertelegraphen, den er Pantelegraph, auch Autotelegraph nannte. Zehn Jahre lang soll Caselli diesen Gedanken verfolgt haben, bis er ihn zur Ausführung brachte. Große Schwierigkeiten waren zu heben. Vor allem musste das Papier feucht genug für

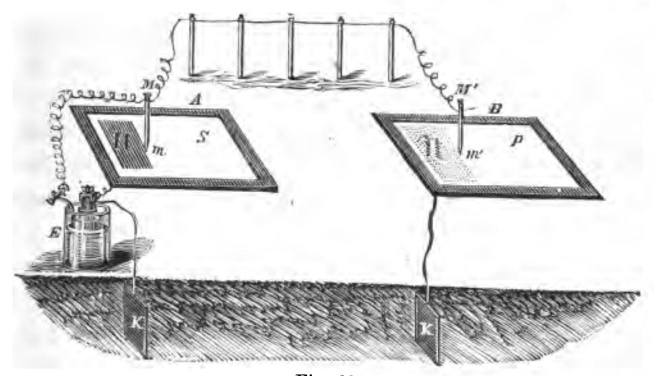


Fig. 30.

das Zustandekommen der chemischen Reaction sein, aber auch trocken genug, um die chemische Zersetzung auf größere Ausdehnung zu hindern, damit kein Zerfließen der Farbe entstehe.

Backewell's Apparat hatte keinen Eingang gefunden, weil die zwei Uhrwerke nicht in vollständig übereinstimmenden Gang zu bringen waren. Caselli musste daher auch diese Schwierigkeit überwinden. Bei seinem Apparate waren die Trommelflächen unbeweglich, während sich die Stifte hin- und herbewegten. Die Stifte wurden durch Pendel (2 *m* lang, 8 *kg* schwer) mittels Hebel in Bewegung gesetzt. Die größte Schwierigkeit, die zu überwinden war, bestand nun darin, dass die beiden Pendel an der Abgangs-und Empfangstation sich genau correspondierend be-

wegen mussten. Diese strenge Übereinstimmung wurde mittels eines Regulators erhalten. Am unteren Ende des Pendelgestelles befand sich an jeder Seite ein Elektromagnet, der mit einer Localbatterie und dem regulierenden Uhrwerke in Verbindung stand und die Eisenmasse am telegraphischen Pendel einmal anzog und wieder losließ.

Die Depesche wurde mit isolierender Tinte auf Zinnfolie geschrieben, welche auf die Absendetrommel oder Metallplatte *A* gelegt wurde. (Fig. 30.) Auf der Trommel oder Platte *B* der Empfangstation lag das chemisch präparierte Papier.

Der positive Poldraht der Absendestation gieng zur Hauptleitung, sendete aber einen Zweig an den Stift *M*, während die Trommelfläche mit dem negativen Erddraht verbunden war. So lange der Stift *M* das Zinn berührte, gieng demnach der positive Strom durch den Stift in den negativen Erddraht, so wie aber der Stift die Tinte berührte, gieng der positive Strom nicht in den Zweig, sondern in die Hauptleitung der Empfangstation zum Stift *M'* und bewirkte dann so lange eine blaue Spur auf dem Papiere, als der Stift der Abgangsstation die Tinte berührte; es wurde demnach jeder Schriftzug genau nachgebildet.

Der Stift legte sich an das Papier an, so oft die Bewegung nach rechts stattfand; trat die entgegengesetzte Bewegung ein, so wurde er gehoben und berührte das Papier nicht mehr.

Zudem rückte der Stift nach jeder Oscillation etwas weniges in der Längsrichtung fort, so dass man, wenn statt des Metallstiftes ein sehr feiner Bleistift angebracht wäre, auf dem Papier eine Reihe von parallelen, einander sehr nahe liegenden Linien erhalten würde.

Die Schriftzüge wurden demnach nicht durch continuierliche Linien, sondern durch einander sehr nahe liegende Punkte gegeben.

Im Jahre 1865 war Caselli's System auf der Route Paris-Marseille und Paris-Lyon in Anwendung.

Es gab aber auch noch eine zweite Art von Copierteleg- phen, welche das Hervorrufen der Zeichen auf elektromagnetis- mechanischem Wege erzielten, so jene von Hipp (1851), Len (1866), Mayer (1869), d'Arlincourt (1872) u. s. w.

Mathias Hipp construierte im Jahre 1851 den ersten elektromagnetischen Copiertelegraphen.

Dieser hatte Walzen, welche durch Uhrwerke um ihre Achse gedreht und auch längs derselben verschoben wurden. Die Depesche wurde mit gewöhnlicher stark mit arabischem Gummi und etwas mit Zucker versetzter Tinte auf Stanniol geschrieben. Auf der Empfangstation befand sich eine „Glasfeder“, nämlich ein als Heber wirkendes Glasröhrchen, dessen unteres Ende zugespitzt war, dessen oberes umgebogenes Ende aber in ein Tintengefäß tauchte. Beim Unterbrechen des Stromes wurde durch den abfallenden Anker eines Elektromagnetes die Feder sanft gegen das die Walze bekleidende gewöhnliche Papier gedrückt. Dadurch wurden die früher angegebenen Übelstände der elektrochemischen Telegraphen vermieden.

Bei dem Apparate Lenoir's wurde die auf der Empfangsstation umlaufende Walze mit Indigotinte überzogen und mit Strohpapier lose umwickelt. Beim Unterbrechen des Stromes wurde durch den vom Elektromagnet abfallenden Anker ein Stift gegen das Papier gedrückt, wodurch auf der Unterseite des Papieres die Schriftzüge gleich einem Spiegelbilde entstanden. Dieses Papier musste also dann mit der farbigen Seite auf ein reines Papier gelegt werden, um eine dem Originale gleiche Copie zu erhalten.

§. 87. Die Zeigertelegraphen, bei denen ein Zeiger sich auf einer mit den Buchstaben und Zahlen besetzten Scheibe herumdrehen lässt und von der entfernten Station aus willkürlich vor jedem dieser einzelnen Zeichen angehalten werden kann, hatten ihren Ursprung in England. Aber sowie die Nadeltelegraphen nicht in dem Lande, in welchem sie lebensfähig geworden waren, sondern in England und der eine von ihnen in Österreich sich einbürgerten, so konnten die Zeigertelegraphen in England, wo sie zuerst auftauchten, nicht festen Fuß fassen, verbreiteten sich dagegen bald in Deutschland und Frankreich, in welchen Ländern sie auch wesentlich verbessert wurden.

So einfach bei diesem System die Manipulation des Telegraphierens erscheint, so leicht das Ablesen der gegebenen Zeichen ist, so große Schwierigkeiten machte es, vollkommene

Gleichmäßigkeit des Ganges und fortdauernde Übereinstimmung zweier verbundener Apparate mit der erforderlichen Schnelligkeit zu verbinden. Auf keinen Zweig der elektrischen Telegraphie ist so viel Scharfsinn verwendet worden, besonders von deutschen Erfindern, wie Siemens, Halske, Kramer, Stöhrer, Leonhard, Drescher u. a.

Die erste Idee, die elektromagnetische Kraft mit einer Gewicht- oder Federkraft zu verbinden und die continuierliche Drehung eines Rades mittels eines Echappements in eine springende oder absetzende zu verwandeln, gieng von E. Davy 1839 aus, in welchem Jahre er am 4. Jänner ein Patent auf einen solchen Telegraphen erhielt. Aber der übrige Theil des Davy'schen Telegraphen war ganz unpraktisch. Ein Jahr später (1840) hatte diese Theile der geniale Wheatstone derart praktisch verbessert, dass er die elektromagnetische Telegraphie einer neuen Entwicklungsperiode entgegenführte.

Fig. 31 stellt einen Wheatstone'schen Zeigerapparat mit seinen Hauptheilen, dem Communicator oder Zeichengeber (links unten) und dem Indicator oder Zeichenbringer (rechts oben) ohne Gewichtswerk dar.[342])

Der Apparat enthält zwei liegende Elektromagnete (den einen zur Bewegung des Zeigers, den zweiten zum Wecker gehörig) und daher auch zwei Zuleitungsdrähte und für beide Elektromagnete einen gemeinschaftlichen Rückleiter.

Das eine Ende des Drahtes, welcher um das links gelegene Hufeisen gewunden ist, geht unter dem Brettchen zu dem Messingsäulchen *a*, das andere Ende zu dem Messingsäulchen *b*. Die in diesen Säulchen eingeklemmten Drähte führen zu dem entfernten Orte, von welchem telegraphiert werden soll und wo sich eine galvanische Batterie befindet, und zwar ist das Ende *p* mit dem positiven und das Ende *n* mit dem negativen Pol der Batterie in Verbindung. Von diesem Orte geht auch ein dritter Draht aus, welcher zum Messingsäulchen *c* führt. Nach *b* und *c* laufen unter dem Brette die Enden der Drahtwindungen, welche um das rechts gelegene Hufeisen herumgehen. Eine in der entfernten Station befindliche Person kann demnach nach ihrem Belieben das eine oder das andere Hufeisen vorübergehend

magnetisch machen, je nachdem die von a und b oder die von b und c ausgehenden Drähte mit den Polen der Batterie verbunden werden. Das wechselnde Schließen und Öffnen der Batterie durch die zum eigentlichen Telegraphieren bestimmten Leitungsdräthe hindurch geschah mittels einer Speichenscheibe, welche an ihrem Umfange kurze und lange Speichen hatte, deren jede auf der Scheibe selbst mit einem Buchstaben (auch mit einer Ziffer) bezeichnet war. Eine unter der Scheibe befindliche Metallfeder ml schloss die Batterie, so oft sie sich bei m an einen Metallsift anlegte. Wenn nun beim Drehen dieser Scheibe eine

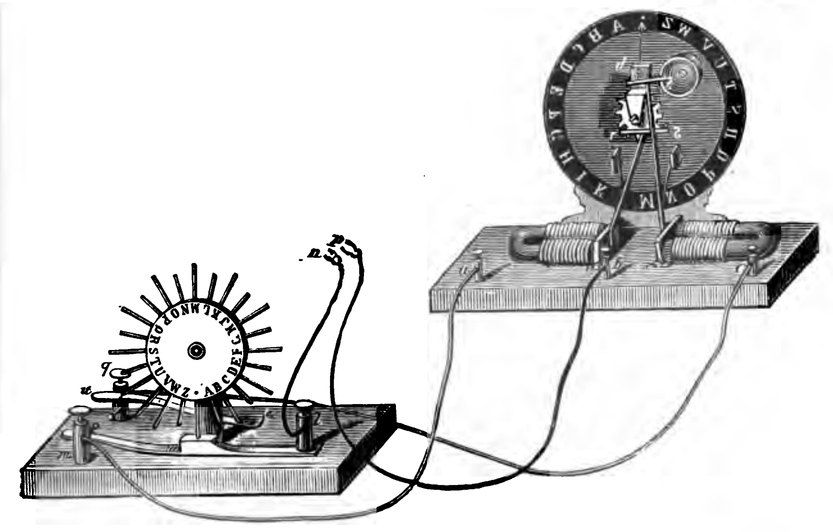


Fig. 31.

lange Speiche der Feder gegenübertrat, wie es gerade unsere Figur darstellt, so drückte diese Speiche die Feder nieder, wodurch letztere vom Stifte entfernt und somit der galvanische Strom unterbrochen wurde; kam eine kurze Speiche der Feder gegenüber, so gieng letztere empor und schloss den Strom.

Dicht vor den Polen des links gelegenen Hufeisens war ine Eisenplatte, welche unten wie eine Thür um die Angel eweglich war, angebracht, und hatte einen in die Höhe gehenden tab, der oben ein Querstäbchen rs mit 2 Stiften trug, welche eim Schließen und Öffnen der Kette von links und rechts

abwechselnd in das Steigrad einer Zeigerachse sich einlegten und so den Zeiger je um einen Buchstaben fortschoben. Da die Buchstaben dieser Zeigerscheibe genau denen der Speichenscheibe entsprachen, so zeigte der Zeiger stets auf den Buchstaben, dessen Speiche der Feder gegenüberstand.

Um hörbare Signale z. B. zum Wecken geben zu können, drückte der Telegraphist eine andere, ebenfalls mit dem negativen Pole verbundene Contactfeder *u t* bis zu einem Stifte herab.

Da nun auch dem anderen Hufeisen eine ähnliche Eisenplatte mit einem Stabe gegenüberstand, so wurde durch eine abwechselnde Unterbrechung und Wiederherstellung des Stromes ein horizontaler Querstab hin und herbewegt, wobei er an ein Glöckchen anschlug.

Die späteren Wheatstone'schen Zeigertelegraphen erhielten ein besonderes Laufwerk mit einem Gewichte, wodurch die Bewegung des Steigrades und des auf der Achse desselben aufgesetzten Zeigers bewirkt wurde, da bei dem früheren Zeigerapparate ein ziemlich starker Strom erforderlich war, um eine so kräftige Anziehung des Ankers zu bewirken, dass dadurch die Fortrückung des Zahnrades und somit des Zeigers mit Sicherheit erfolgte.

Wheatstone construierte auch Apparate, bei denen er statt einer galvanischen Batterie eine Magneto-Inductionsmaschine gebrauchte; doch arbeitete er mit gleichgerichteten Inductionsströmen, da die Ströme der einen Richtung unterdrückt wurden.

In Deutschland wurden erst später Zeigertelegraphen gebaut, zuerst von William Fardely in Mannheim, welcher im Jahre 1843 einen solchen der Taunusbahn anbot.

Im Jahre 1845 construierte der Berliner Uhrmacher Ferdinand Leonhardt einen Zeigertelegraphen, welcher 1846 in Preußen patentiert und unter anderem zwischen Berlin und Potsdam und auf der Thüringer Eisenbahn zur Verwendung gelangte.

Der Zeigertelegraph von Dr. August Kramer in Nor-hausen war dem Wheatstone'schen Zeigerapparat mit Laufwe[illegible] ähnlich, allein der Strom versetzte auf der Empfangstation nic[illegible]t den Zeiger unmittelbar in Bewegung, sondern diente dazu, d[illegible]

auf einem Winkelhebel sitzenden leichten Anker eines Elektromagnetes anzuziehen und wieder loszulassen und dadurch eine zweite Batterie, eine Localbatterie, abwechselnd zu schließen und zu öffnen, deren Strom erst den Zeiger bewegte. Es war dies daher ein Zeigertelegraph mit Relais. Dieser Telegraph kam auf der Cöln-Mindener (1847), der Berlin-Hamburger, der Niederschlesisch-Märkischen und anderen Bahnen in Verwendung und stand auf 13 derselben noch 1867 im Gebrauche.

Der Mechaniker Emil Stöhrer in Leipzig betrieb seinen Zeigertelegraphen nicht mit Batterieströmen, sondern mit magneto-elektrischen Inductionsströmen. Er war der erste, welcher Wechselströme anwendete. Der Zeiger wurde nämlich nicht durch abwechselndes Unterbrechen und Wiederherstellen des Stromes, sondern durch fortwährende Umkehrung desselben und durch den auf diese Weise erzeugten Polwechsel des Elektromagnetes bewegt. Ein Triebwerk mit Gewicht, mittels eines Schlüssels aufziehbar, setzte die Magneto-Inductionsmaschine in Bewegung, sobald ein Schieber herausgezogen wurde; nebstbei regelte ein Centrifugalregulator die Geschwindigkeit des Triebwerkes.

Die ersten Versuche in dieser Hinsicht machte Stöhrer bereits im Jahre 1844. Seit 1847 waren seine Zeigerapparate an sächsischen und baierischen Eisenbahnen in Gebrauch, wurden aber in Sachsen durch Morse's Schreibtelegraphen und in Baiern durch die magneto-elektrischen Zeigertelegraphen von dem preußischen Ingenieur W. Siemens und dem Mechaniker M. J. Halske aus Berlin verdrängt.

Die Zeigertelegraphen der letzteren sind unstreitig die sinnreichsten und vollkommensten. Im J. 1847 wurde nämlich in Preußen für den damaligen Artillerielieutenant Ernst Werner Siemens der von ihm im Jahre 1846 gebaute Zeigertelegraph mit Selbstunterbrechung patentiert, welcher bald eine große Verbreitung auf den deutschen Eisenbahnen fand. Dieser Apparat setzt ohne Beihilfe eines Räderwerkes durch die bloße Einwirkung von Magnetinductionsströmen auf Elektromagnete einen Wecker und einen Zeiger in Bewegung und zwar mit einer Sicherheit und Geschwindigkeit, die von

den anderen durch Räderwerke getriebenen Apparaten nicht übertroffen wird. Sowohl der Zeigerapparat als auch die Läutevorrichtung beruhen auf dem bekannten Neef'schen Principe der Selbstunterbrechung des Stromes. Dies war auch der einzig sichere Weg, um die Drehung des Zeigers von jedem fremden Einflusse unabhängig zu machen und zwischen der Stromstärke und der Drehungsgeschwindigkeit des Zeigers stets das richtige Verhältnis zu erhalten. Obwohl die Handhabung der zuerst gebauten Telegraphen sehr leicht war, so konnten doch andererseits bei dem sehr complicierten Apparate durch die geringste Abnutzung eines der vielen zum Theile sehr zarten Bestandtheile leicht Störungen hervorgerufen werden.



Fig. 32.

Dies bewog die Erfinder, einen besonders für den Eisenbahndienst geeigneten Inductions - Zeigertelegraphen zu construieren.

Fig. 32. stellt das Äußere eines Siemens'schen Zeigerapparates dar. In dem Kasten befindet sich der Inductor (der von Siemens 1856 erfundene Cylinder-Inductor). *H* ist die Antriebkurbel. Man sieht ferner das Buchstabenblatt mit dem rotierenden Zeiger. Ferner ist der Apparat mit einem Wecker und einem Umschalter versehen, welche jedoch in unserer Figur nicht gezeichnet sind. Jeder in die Linie gelangende Strom bewegt den Zeiger um ein Feld von links nach rechts. Die Stromentsendung geschieht durch Drehung der Kurbel *H*. Diese steht nämlich durch Zahnräder (Fig. 33) mit einem zwischen den Polen mehrerer Stahlmagnete drehbaren, mit isoliertem Kupferdraht umwundenen Eisenkern so in Verbindung, dass dieser

jedesmal eine halbe Umdrehung macht, wenn die Kurbel um einen Buchstaben gedreht wird. Bei jeder halben Umdrehung des Eisenkernes erfolgt eine Umkehrung seines Magnetismus und hierdurch werden in seiner Drahtwindung kurze, aber kräftige Inductionsströme erzeugt, welche abwechselnd in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Diese inducierten Ströme werden eben als bewegende Kraft zur Umdrehung der Zeiger aller eingeschalteten Apparate benützt.

Der Telegraphierende muss sein Zeigerblatt des Stromsenders *I* genau im Auge behalten, damit er mit dem Drehen der Kurbel im richtigen Momente einhält. Auch der aufnehmende Telegraphist hat den rotierenden Zeiger seines Zeichenbringers genau zu beobachten und jene Buchstaben, bei welchen der Zeiger Pausen macht, niederzuschreiben. Die Intervalle zwischen je zwei Worten werden durch größere Pausen markiert. Solange die Station aufnimmt oder abtelegraphiert, ist der Umschalter auf *Z* gestellt, d. h. dem Strome der Weg durch den eigentlichen Zeigerapparat gestattet, sonst steht der Umschalter auf *W*, d. h. der Stromweg ist nicht durch den Zeigerapparat, dagegen durch den Wecker hindurch offen.

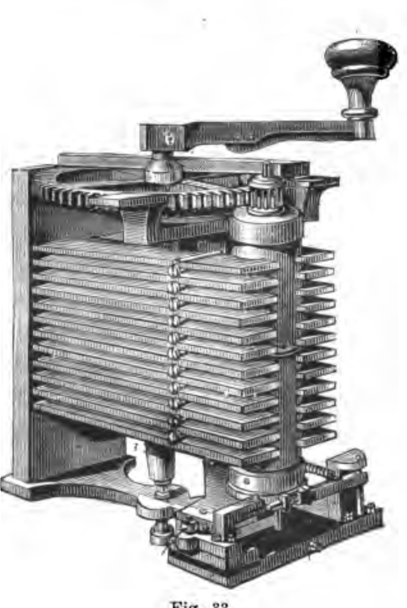


Fig. 33.

Die neueste, am 3. October 1872 patentierte Form enthält bloß eine, sowohl beim Geben, als beim Empfangen benützte Buchstabenscheibe, die zugleich mit einer Typendruckvorrichtung ausgerüstet ist, und statt der Kurbel *H* eine Anzahl im Kreise um den Zeiger liegender Tasten oder Knöpfe erhalten hat.

Im Frankreich wurde 1845 von Bréguet ein Zeigertelegraph construiert. Dieser von ihm unter Mitwirkung des Telegraphenchefs Alphonse Fay entworfene älteste französische Staatstelegraph besaß zwei Zeiger ohne Buchstabenscheibe und ahmte mit diesen die Zeichen der Chappe'schen optischen Telegraphen nach.

Die Brüder Digney im Paris suchten den Zeigertelegraphen von Bréguet zuverlässiger zu machen.

Bei dem Zeigertelegraphen von Regnard, sowie auch bei dem 1848 erfundenen Zeigertelegraphen von Henry und James Lodge Mapple geht der Zeiger nach jedem Zeichen in die Ruhelage zurück, damit ein bei dem einen Zeichen etwa begangener Fehler sich nicht fortpflanze und so auch noch die folgenden Zeichen fehlerhaft mache.

Von den übrigen Erfindern von Zeigertelegraphen nennen wir nur noch Paul Garnier (1845), welcher die Buchstaben nicht in alphabetischer Folge, sondern in einer erfahrungsgemäß besseren Ordnung auf einander folgen ließ, dann Gustave Froment (1850), dessen Zeigertelegraph sich von den anderen wesentlich durch seinen Sender unterscheidet, welcher 26 in zwei Reihen neben einander liegende Tasten enthält, ferner Du Moncel (1859) welcher die Wirkungen des remanenten Magnetismus zu beseitigen suchte. Auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1867 und der Wiener Weltausstellung 1873 befanden sich übrigens auch Zeigertelegraphen von Guillot & Gatget, Chambrier u. a.

§. 88. Die Typendrucktelegraphen, auch Lettern- oder Buchstabendrucktelegraphen genannt, welche die Depesche auf der Empfangsstation in Farben und Lettern fertig bringen, erlebten seit ihrer Erfindung mannigfaltige Modificationen. Sie hatten die Aufgabe zu lösen, den Verstümmelungen von Depeschen vorzubeugen, welche nicht selten beim Morse'schen Apparate dadurch entstehen, dass die gewöhnliche Schrift in die Morse'sche Zeichenschrift und diese wieder in die gewöhnliche Schrift übersetzt werden muss.

Die Ehre, den ersten Typendrucktelegraphen erfunden zu haben, wird dem Amerikaner Alfred Vail zugesprochen, welcher nach einer Mittheilung Morse's bereits im Frühjahre 1837

einen derartigen Telegraphen construiert hat. Etwa gleichzeitig oder doch nicht viel später machte Wheatstone wahrscheinlich unabhängig dieselbe Erfindung. Sein Apparat gelangte jedoch erst 1841 in die Öffentlichkeit, indem er auf der Strecke Paris-Orleans, beziehungsweise Versailles versucht wurde. Im Jahre 1840 construierte Alexander Bain einen Drucktelegraphen, welcher 1843 in England patentiert wurde. Auch Fardely in Mannheim verwandelte seinen Zeigertelegraphen in einen Typendrucktelegraphen, welcher 1844 auf der Taunusbahn zur Anwendung gelangte.

Gegen 1850 fügte Werner Siemens in Berlin zu seinem Zeigertelegraphen einen sehr vollkommenen Typendrucker, welcher auch unabhängig vom Zeigertelegraphen benutzt werden konnte. Er wurde in Russland und auch auf preußischen Staatslinien mehrfach gebraucht.

Seitdem sind von verschiedenen Seiten Verbesserungen vorgeschlagen worden, bis der Typendrucktelegraph von dem Amerikaner Hughes auf die höchste Stufe der Vollendung gebracht wurde.

David Edward Hughes wurde im J. 1831 in Louisville im Staate Kentucky geboren. Er wendete sich frühzeitig mit größtem Eifer dem Studium der Physik, Mechanik und Mathematik zu und wurde bereits im J. 1850 in seinem 19. Lebensjahre zum Professor der Physik an dem Collegium von Kentucky ernannt. Hier fasste er nun die kühne Idee, einen elektromagnetischen Typendrucktelegraphen zu construieren, durch welchen die Buchstaben „im Fluge“ d. h. unter beständiger Drehung des Typenrades abgedruckt würden, während bei den besten der bisher construierten Apparate das Typenrad einen Moment angehalten werden musste, wenn ein Buchstabe abgedruckt werden sollte. Nahezu fünf Jahre hindurch waren seine Versuche fruchtlos. Erst im J. 1856 gelang es ihm mit Unterstützung von G. Phelps, seinen Apparat so zu vervollkommnen, dass er auf den Linien Newyork-Boston und Worcester-Springfield von der American-Telegraph-Company versuchsweise eingeführt wurde. Nach Verkauf seiner Patente an die genannte Gesellschaft gieng Hughes 1858 nach Paris,

und es gelang ihm sein Patent von 1858, welches mehrere sehr wichtige Verbesserungen enthielt, an die französische Verwaltung im J. 1860 zu verkaufen. Später wurde das Patent auch von England und Italien (1862), Russland (1865), Preußen (1866) und Österreich-Ungarn (1867) angekauft. Den Bau seiner Apparate übertrug er der Werkstätte von G. Froment.

Im Jahre 1867 hatte der Hughes'sche Apparat auf der Pariser Ausstellung den „großen Preis“ davongetragen und wurde 1868 von der internationalen Telegraphenconferenz in Wien neben dem Morse auf langen internationalen Linien eingeführt.

Die elektrische Telegraphie besitzt eine reichhaltige internationale Literatur.[343])

§. 89. Der erste Gedanke einer unterseeischen Telegraphenleitung ist von Schilling ausgegangen, welcher kurz nach der Erfindung seines elektromagnetischen Nadeltelegraphen den Plan entwarf, Kronstadt mit Peterhof durch den finnischen Meerbusen telegraphisch zu verbinden. Seine Versuche, welche er zu Anfange des Jahres 1837 anzustellen anfieng, wurden durch seinen Tod abgebrochen. Im Jahre 1840 legte Prof. Wheatstone in London dem Unterhause ein Project vor, um Dover und Calais durch eine unterseeische Leitung zu verbinden, was aber nicht zur Ausführung kam, da die bis dahin gebräuchlichen Isolationsmittel zum Umpressen der Drähte als nicht zureichend befunden wurden und die isolierende Eigenschaft der Guttapercha noch nicht bekannt war.

Die ersten Versuche mit einer Guttapercha-Hülle machte W. Siemens in Berlin im Jahre 1846. Drei Jahre später legte der Telegraphendirector Walker eine über zwei Meilen lange Seeleitung. Dieser gelungene Versuch spornte zu größeren Unternehmungen an; J. Brett, ein ausgezeichneter Techniker, verband im Jahre 1850 auf unterseeischem Wege Dover und Calais, doch schon nach wenigen Tagen riss der 1/10" dicke, mit Guttapercha überzogene Draht, nachdem man zwischen Frankreich und England mehrere Depeschen gewechselt hatte.

Dieser Misserfolg gab Veranlassung, das Kabel gegen Reibungen an Felsen und gegen den Wellenschlag dadurch zu schützen, dass man die Guttaperchahülle mit 10 Eisendrähten bedeckte. Ein Jahr nach dem misslungenen Versuche wurde das Kabel in drei Tagen mit dem besten Erfolge gelegt und that seine Schuldigkeit bis zum Jahre 1859, wo es einer gründlichen Reparatur unterzogen werden musste.

Mannigfache, gründliche und großartige Versuche folgten rasch auf einander, die unterseeischen Kabel mehrten sich von Jahr zu Jahr, man hatte das mittelländische Meer telegraphisch überschritten und wagte sich endlich an die kühne Aufgabe, Europa und Amerika durch ein Telegraphentau zu verbinden.

Die ersten Anregungen zu diesem Unternehmen giengen von Cyrus W. Field in Newyork im Jahre 1854 aus. Nachdem auf dessen Anfrage Prof. Morse die Möglichkeit einer telegraphischen Correspondenz durch einen unterseeischen Draht von so bedeutender Länge zugestanden hatte, und eine telegraphische Verbindung zwischen dem Festlande von Amerika und der Insel Newfoundland im Jahre 1856 hergestellt war, begannen mit Unterstützung der vereinigten Staaten die zur Auffindung der besten Linie zwischen Newfoundland und Irland dienenden Tiefseemessungen, welche besonders im Juni und Juli 1857 mit großer Vorsicht angestellt, das befriedigende Resultat ergaben, dass auf der genannten Strecke der Meeresboden keine der Kabellegung gefahrbringenden hohen Steigungen und Senkungen enthalte und auch im Vergleiche mit anderen ungeheuren Tiefen des atlantischen Oceans als eine Art Hochebene betrachtet werden könne.

Die Entfernung zwischen der Trinity-Bay bei Newfoundland und Valentia auf der westlichen Küste von Irland beträgt 364 deutsche Meilen, doch ließ die durch Field ins Leben gerufene Actiengesellschaft „The Atlantic-Telegraph-Company“ theils für unvorhergesehene Fälle, theils wegen Ausfüllung der Unebenheiten des Meeresgrundes einen Mehrbetrag von 187 deutschen Meilen an Kabel anfertigen.

Im Jahre 1857 wurde das englische Schiff „Agamemnon“ und das amerikanische Schiff „Niagara“ zu gleichen Theilen

mit dem Kabel belastet. Die Schiffe sollten, nicht wie es anfangs bestimmt war, in der Mitte des Oceans die Verbindung der Kabelhälften bewerkstelligen und dann die Legung zugleich nach entgegengesetzten Richtungen ausführen, sondern mit einander von Irland abgehen, das eine Schiff bei Irland mit der Legung beginnen und das andere erst von der Mitte des Oceans dieselbe fortsetzen.

Am 6. August begann der „Niagara“ die Abwickelung des Kabels. Nachdem dasselbe zu wiederholten Malen abgerissen, musste man endlich unverrichteter Sache nach England zurückkehren. Aber schon im Juli des folgenden Jahres 1858 wurde mit denselben Schiffen die zweite Expedition unternommen, die eben so unglücklich endete. Ohne den Muth zu verlieren, wurde sogleich zu einem dritten Versuche geschritten. In der Mitte des Oceans wurde die Verbindung der Tauhälften bewerkstelligt, worauf die Schiffe nach entgegengesetzten Richtungen abgiengen, der Agamemnon nach Europa, der „Niagara“ nach Amerika. Nach manchen Mühseligkeiten brachte der „Agamemnon“ am 6. August 1858 das eine Ende des Kabels unter dem Donner der Geschütze glücklich an die irische Küste und es langte noch an demselben Tage vom „Niagara“ ein Telegramm ein, nach welchem derselbe auch glücklich mit seinem Kabelende die Trinity-Bay erreicht habe. Der Jubel über das Gelingen des Riesenunternehmens war unbeschreiblich; aber leider dauerte die Freude nur kurze Zeit. Schon am 3. September versagte das Kabel seine Dienste.

Auch dieses vermochte nicht, den Muth der Directoren der Gesellschaft zu beugen; sie schrieben abermals eine Actienzeichnung für ein neues atlantisches Kabel aus und waren endlich sechs Jahre nach dem letzten Misserfolge, nämlich im Jahre 1864 in den Stand gesetzt, ein neues Kabel anfertigen zu lassen. Dasselbe war am 1. Juni 1865 vollendet und wurde den schärfsten Proben auf Leitungsfähigkeit und Isolation unterzogen. Bei dem ungeheuren Gewichte dieses Kabels (das Tiefseekabel wiegt in der Luft $35^3/_4$ Centner per Seemeile, das Küstenkabel nahe 20 Tonnen per Meile) wäre die Einschiffung desselben auf kaum übersteigliche Hindernisse ge-

stoßen, wenn nicht das colossale Schiff „Great Eastern“ zur Verfügung gestanden wäre. Dasselbe nahm das ganze Kabel an Bord und gieng am 24. Juni 1865 mit einer Last von 4000 Tonnen Kabel, im ganzen aber mit einer Belastung von 24.000 Tonnen, von Medway in See. Wer die ausführliche Schilderung des am Bord des „Geat Eastern“ gewesenen Berichterstatters der „Times“ liest, mit welchen Schwierigkeiten, mit welchen Unfällen die Expedition zu kämpfen hatte, wie endlich nach Zurücklegung von beinahe $^2/_3$ des Weges das Kabel riss und spurlos in der Tiefe des Meeres versank, wie man ungeachtet der riesenhaftesten Anstrengungen nicht mehr im Stande war, das Kabel zu heben und somit Millionen in den Gewässern des Oceans begraben wurden — der wird gewiss die außerordentliche Ausdauer und die Thatkraft der Engländer bewundern, welche im März 1866 eine neue Gesellschaft „Anglo-American Telegraph-Company“ zur Legung eines neuen Kabels bildeten. Am 15. Juni 1866 war bereits das neue Kabel vollendet. Es wiegt in der Luft 31 Centner, im Wasser $14^3/_4$ Centner per Seemeile.

Diese Expedition erhielt die doppelte schwere Aufgabe, das neue Kabel zu legen und das im verflossenen Jahre abgerissene heraufzuholen und zu einer zweiten Linie zu ergänzen. Am 14. Juli 1866 nahm der „Great Eastern“ zum zweiten Male seinen Lauf nach Westen, um mit der Legung des Tiefseekabels zu beginnen. Die Legung gieng diesmal durchaus glücklich vor sich und der „Great Eastern“ langte unter ungeheurem Jubel im Heart's Contentbay an, von wo bereits am 27. Juli die ersten Depeschen nach Europa abgiengen. Die Depesche des Präsidenten der vereinigten Staaten an die Königin von England wurde in Heart's Content am 31. Juli um 3 Uhr 50 Minuten nachmittags begonnen und um 4 Uhr 1 Minute nachmittags geendet, sie langte in London um 4 Uhr 11 Minuten nachmittags an und 49 Minuten später langte bereits die Rückantwort ein, dass die Depesche der Königin zu Osborne übergeben sei.

Am 4. August wurde die transatlantische Telegraphenleitung dem allgemeinen Verkehre übergeben.

Dieser glückliche Erfolg stählte den Muth zur Ausführung des zweiten Theiles der Aufgabe, nämlich zur Aufsuchung des im Vorjahre abgerissenen Kabels, welches mitten im Ocean in einer Tiefe von etwa 12.000 Fuß begraben lag und bei dessen Auffindung nur astronomische Anhaltspunkte behilflich sein konnten. Am 9. August begann der „Great Eastern“ seinen Lauf wieder ostwärts zu nehmen, um das verlorene Kabel zu suchen.

Nebst vielen anderen Schwierigkeiten musste auch genau darauf geachtet werden, nicht das Kabel von 1858 oder gar jenes von 1866 zu fassen. Schon am 16. August war der „Great Eastern“ so glücklich, mit einem Enterhaken das Kabel zu fassen, an die Oberfläche zu bringen, aber fünf Minuten später glitt es vom Haken ab und verschwand wieder in der Tiefe. Am 1. September wurde es abermals gefasst und glücklich an Bord gebracht. Man signalisierte nun nach Irland unter lautloser Stille und fieberhafter Erwartung und als endlich eine Rückantwort von Valentia eintraf, donnerten die Kanonen auf offenem Ocean und ein lautes „Hurrah!“ erfüllte die Luft. Das Kabel wurde nun mit dem an Bord befindlichen Ergänzungsstück verbunden, hierauf ins Meer hinabgelassen und der „Great Eastern“ schiffte nun wieder nach Heart's Content, wo er auch glücklich anlangte. Die zweite transatlantische Kabellinie war vollendet!

Beide Kabel laufen ziemlich parallel, das Kabel von 1866 liegt etwa einen halben Breitegrad südlich von dem älteren.

Die Kosten, welehe dieses Riesenunternehmen während der Zeit seiner Vollendung in Anspruch nahm, betragen 1,550.000 Pfund Sterling, wovon auf das Kabel von 1866 die Summe von 600.000 Pfund entfällt. Ein drittes Kabel von Valentia nach Heart's Content wurde 1873 nördlich von den beiden älteren von derselben Gesellschaft angelegt.

Im Jahre 1869 wurde eine französische atlantische Kabellinie hergestellt und zwar von Brest über die Insel St. Pi[illegible]re unweit Newfoundland nach Duxbury nahe Boston im St[illegible]te Massachusets. Die Unternehmer waren eine Gesellschaft f[illegible]n-zösischer und englischer Capitalisten. Zur Verlegung des Tie[illegible]e-

kabels wurde wieder der Great Eastern in Verwendung gebracht, denn kein anderes Schiff wäre imstande gewesen, das ganze Kabel aufzunehmen. Im Raume dieses Riesenschiffes waren zu diesem Zwecke drei eiserne Behälter von 180.000 Kubikfuß Rauminhalt aufgestellt, ein größerer in der Mitte und zwei kleinere, je einer im Vorder- und im Hintertheile des Schiffes. Außer dem Great Eastern wurden zum Transport und zur Legung, namentlich der Küstenstrecken noch drei große Dampfer verwendet. Der Great Eastern erschien nach Vollendung der Vorbereitungen Ende des Jahres 1868 auf der Themse und begann zu Anfang Jänner 1869 das Kabel, welches in London angefertigt wurde, in dem Maße wie die Fabrication desselben fortschritt, einzunehmen. Anfangs Juni war die Verschiffung des Kabels beendet und der Great Eastern gieng nun in Begleitung eines Dampfers nach Brest in See; die beiden anderen Dampfer waren ihm bereits vorausgegangen. Nachdem er dort das Uferkabel, dann das Übergangskabel und endlich das Tiefseekabel hinter sich ausgelegt hatte, trat er am 21. Juni die Fahrt nach St. Pierre an.

Die ganze Expedition stand unter dem Oberbefehl und der Verantwortlichkeit von Sir William Canning, welcher auch die älteren atlantischen Kabel gelegt hatte. Nach mehreren kleineren Unfällen (es wurden nacheinander vier Fehler im Kabel entdeckt und mussten die schadhaften Stücke herausgeschnitten werden) und nach überstandenen zwei Stürmen, bei deren einem das Kabel (glücklicher Weise im Schiffe) in Folge zu großer Spannung riss, traf der Great Eastern am 11. Juli jenen Dampfer, welcher der Expedition nach St. Pierre vorausgeeilt war und bereits derselben entgegenkam. Nun wurde das Uferkabel gelegt und am 14 Juli endlich war die ganze Linie bis St. Pierre vollendet, so dass von dort die erste Depesche nach Frankreich an den Kaiser Napoleon expediert werden konnte. Die Legung von St. Pierre nach Duxbury Cove ging ohne Schwierigkeit vonstatten und am 15. August wurde die ganze Linie von Brest nach Boston dem Verkehre übergeben.

Im Jahre 1883 stand Europa mit Amerika bereits durch neun atlantische Kabel in Verbindung und zwar besitzt

die „Anglo-American-Telegraph-Company" vier Kabel, nämlich drei von Valentia in Irland nach Heart's Content in Newfoundland und eines von Brest (Frankreich) nach St. Pierre; die „Direct United States Cable Company" ein Kabel (gelegt 1874—1875) von Ballinskellig's Bay (Irland) nach Tor-Bay (Neuschottland); die „Compagnie française du telegraphe de Paris à Newyork" ein Kabel (1879) von Brest nach St. Pierre; die „Western Union Telegraph Company" zwei Kabel von Sennen-Cove, bei Penzance (England) nach Dover-Bay bei Canss (Neuschottland), deren eines das Nordkabel (1881), das andere das Südkabel (1882) genannt wird; dann die „Brazilian Submarine Telegraph Company" ein Kabel (1874) von Carcavellos bei Lissabon über Madeira und St. Vincent (Cap Verdi'sche Inseln) nach Pernambuco in Brasilien.

Sehr bald schloss sich an das letztgenannte Kabel eine unterseeische Leitung von Pernambuco südlich nach Rio Janeiro und weiter bis Buenos Ayres an. Die französische Staatsverwaltung legte drei Kabel von Marseille nach Algier in den Jahren 1871, 1879, 1880; die „Eastern Telegraph Company" legte im Jahre 1870 von Porthcurno bei Falmouth in England ein Kabel nach Carcavellos bei Lissabon und von da nach Gibraltar und weiter nach Malta, von wo zwei Kabel (von 1868 und 1870) nach Alexandrien führen. Dieselbe Gesellschaft legte zwei Kabel (1870 und 1876) von Suez nach Aden in Arabien und zwei Kabel (1870 und 1877) von Aden nach Bombay. Die „Eastern and South African Telegraph Company" legte im Jahre 1879 ein Kabel von Aden über Zanzibar, Mozambique, die Delagon-Bai nach Durham in Natal in der enormen Gesammtlänge von 7289 Kilometer. Die „Eastern Extension Australasia and China Telegraph Company" legte 1870 ein Kabel von Madras Britisch Indien) nach der Insel Penany, 1879 von Penany nach Malacca und weiter nach Singapore, von wo bereits 1871 ein Kabel nach Französisch-Cochinchina und nach Hongkong in China gelegt worden war, und anderseits über J[illegible]a die Verbindung mit Australien (Port Darwin) hergestellt wu[illegible]e. Das Kabel zwischen Botany-Bay (Südaustralien) und der I[illegible]el Neuseeland wurde 1876 gelegt.

Zu den ältesten Seekabeln gehören das 1851 von Calais nach Dover gelegte, das von Boulogne nach Folkestone (England) 1852, das von Ostende nach Ramsgate (England) 1853, das durch den Meeresarm Ombla bei Ragusa 1854, das von New-Brunswick zur Prinz Edward Insel an der amerikanischen Küste 1856, das von Zandvoort (Niederlande) nach Lowestoft (England) 1858, das von La Valette (Malta) nach Algagrande (Sicilien) 1859.

In den beiden letzten Decennien hat sich das Kabelnetz nach allen Seiten so ausgebreitet, dass die Länge desselben nach beiläufiger Zählung bereits 120.600 Kilometer beträgt.[344])

Theorie der Influenzelektricität.

§. 90. Die von Canton zuerst beobachtete Thatsache, dass ein nicht elektrischer Körper, sobald er einem elektrischen genähert wird, an dem zugewandten Ende die entgegengesetzte Elektricität von dem schon bereits elektrischen zeige, hatte weder Franklin, noch ein anderer Anhänger der elektrischen Atmosphäre zu erklären vermocht; denn dieselben hatten ja bisher behauptet, dass ein in eine elektrische Atmosphäre getauchter Körper dieselbe Elektricität auf seiner ganzen Oberfläche empfange. Wilke und Aepinus dagegen haben durch ihre bereits erwähnten zahlreichen Versuche Licht in diese Sache gebracht. Ihre Beobachtungen bewogen Aepinus, die Influenz als eine durch Fernwirkung hervorgebrachte Scheidung der elektrischen Zustände auf dem influencierten Körper aufzufassen.

Nach dieser Ansicht änderte der Überfluss an elektrischer Materie eines Körpers nämlich durch seine überwiegende Repulsion die natürliche Vertheilung der elektrischen Materie eines benachbarten Körpers; an dem Theile, der dem im Überflusse befindlichen Körper zugekehrt ist, entsteht Mangel, dafür an dem entgegengesetzten Überfluss. Befindet sich aber der vertheilende Körper im Zustande des Mangels, so erfolgt in dem Körper, der die Vertheilung erfährt, die umgekehrte Anordnung der elektrischen Materie. Aepinus führte zuerst den Namen „elektrischer Wirkungskreis“ ein.[345]).

Der Ansicht des Aepinus trat Faraday entgegen. Auf seine Theorie gelangte er durch die Beobachtung der Influenzerscheinungen bei „Nichtleitern". Faraday stellt sich alle Körper ungefähr als ein Aggregat kleiner Leiter vor. Bei den Leitern berühren sich die leitenden Moleküle direct, bei den Nichtleitern sind sie durch eine isolierende Schichte getrennt, welche einen Übergang von Elektricität zwischen den einzelnen Molekülen wenig oder unter Umständen auch gar nicht gestattet. Wird nun ein Nichtleiter der Wirkung der Influenz ausgesetzt, so werden in allen leitenden Molekülen die Elektricitäten von einander getrennt, so dass die ungleichnamige Elektricität sich dem influencierenden Leiter zuwendet, während die gleichnamige auf die abgewandte Seite übergeht. Nach dieser Theorie verhalten sich die Nichtleiter einem influencierenden Körper gegenüber, wie ein unmagnetisches Stück Eisen einem Magnete gegenüber. Auf diese Weise entsteht demnach eine elektrische Polarisation der Moleküle, welche von einem Molekül auf ein benachbartes fortschreitet, bis endlich die dem isolierten, der Influenz ausgesetzten Körper benachbarte Schichte auf diesen direct einwirkt und auch hier eine Influenz erzeugt, die sich, da es ein Leiter ist, über den ganzen Körper ausdehnt.

Nach Faraday sind die verschiedenen Isolatoren einer verschieden starken Polarisation fähig, sie haben ein verschiedenes specifisches Influenzvermögen, welches von der Menge der in der Volumeinheit eines Isolators enthaltenen vollkommen leitenden Moleküle abhängt. Faraday nennt solche Zwischenkörper „dielektrische" Körper.

Faraday muss demnach zwischen zwei Theilchen eines Isolators auch eine actio in distans annehmen, nur dass die Entfernung eine sehr kleine ist.

Faradays Theorie ist später von W. Thomson und besonders von Maxwell sehr ausführlich behandelt worden.

Gegen dieselbe trat Peter Theophil Rieß, Professor in Berlin (geb. in Berlin 1805, gest. 1883) entschieden auf. Ri ß hatte sich durch sein classisches Werk „die Lehre von r Reibungselektricität", welches 1853 erschien, um diesen Tl l der Physik sehr verdient gemacht. Er construierte zur Erk -

rung der Influenz seinen, jetzt allgemein bekannten Vertheilungsapparat, bei welchem eine elektrisierte metallene Hohlkugel durch eine Glasscheibe auf einen Metallcylinder wirkt, welcher an seinen beiden Enden an Leinfäden aufgehängte Hollundermarkkügelchen trägt. Er zeigte mit Hilfe dieses Apparates die directe Fernwirkung eines elektrischen Körpers auf einen unelektrischen, ohne auch eine Wirkung auf den dielektrischen ganz zu leugnen. Nach ihm werden die in jedem Körper schon vor der Annäherung eines elektrischen in gleicher Menge vorhandenen beiden Elektricitäten, die sich vor dem Versuche neutralisieren, geschieden. Der genäherte elektrische Körper zieht die ungleichnamige Elektricität in das demselben zugewandte Ende und stößt die gleichnamige in das abgewandte Ende. Die beiden Elektricitäten verschwinden für uns, wenn wir den influencierenden Körper entfernen; hierin liegt auch noch ein Beweis für die Richtigkeit obiger Erklärung; denn dieses Verschwinden kann nur dadurch geschehen, dass gleiche Mengen von Elektricität sich mischen; also müssen dieselben auch schon vor dem Versuche in gleicher Menge gemischt gewesen sein. Rieß nennt die von dem erregenden Körper angezogene Elektricität die Influenzelektricität erster Art, die von demselben abgestoßene die Influenzelektricität zweiter Art.

Den Ausdruck „gebundene" Elektricität hat zuerst Lichtenberg in die Wissenschaft eingeführt. Er spricht von der gebundenen, latenten oder todten Elektricität im Gegensatze zu der freien, sensiblen; er unterscheidet von dem gewöhnlichen elektrischen Zustande einen anderen, in welchem die Elektricität zwar vorhanden, aber latent sein soll, ganz analog der gebundenen Wärme.[346]).

Diese Bezeichnung, welche anfänglich die abenteuerlichsten Vorstellungen über das Wesen der Influenzelektricität veranlasste, wurde von Rieß energisch bekämpft.[347]).

Anwendungen der Influenzelektricität.

§. 91. Schon im Jahre 1762 hat Wilke durch seine elektrischen Versuche[348]) die Grundlage zur Erfindung des Elektro-

phors gelegt. Er hatte nämlich eine zerlegbare Franklin'sche Tafel hergestellt, um alle Theile derselben genau untersuchen zu können. Noch in demselben Jahre gibt Wilke bereits an, dass die Glastafel mit den beweglichen Belegungen viele Tage, ja wochenlang die Elektricität durch Influenz erzeuge, wenn sie einmal geladen ist.

Der Erste, dem es gelang, auch Siegellackscheiben stark zu laden, war Beccaria. Er stellte eine ganze Reihe von Scheiben auch von anderen Körpern her. Volta verband, wie aus einer von ihm 1775 veröffentlichten Abhandlung[349]) hervorgeht, die Idee Wilke's, bewegliche Belegungen anzuwenden, mit dem Verfahren Beccaria's, eine Siegellack- oder Harzscheibe statt einer Glastafel zu elektrisieren. Er nannte seinen Apparat Elettroforo perpetuo. Derselbe bestand bereits wie heutzutage, aus einer metallischen Form (Teller), einer Scheibe aus nicht leitender Materie (Kuchen) und einer an Seidenschnüren befestigten Metallplatte (Deckel). Als Kuchen verwendete er eine aus 3 Theilen Terpentin, 2 Theilen Harz und einem Theile Wachs zusammengeschmolzene Masse.

Man begann bald sehr große Apparate herzustellen, welche die Elektrisiermaschinen ersetzen sollten. So ließ sich Lichtenberg einen Elektrophor verfertigen, dessen Kuchen einen Durchmesser von 7 Pariser Fuß hatte, $1^1/_2$ Zoll dick und 56 Pfund schwer war. Der Deckel, welcher aus massivem Zinn war, hatte einen Durchmesser von 6 Fuß und wog 76 Pfund; er musste mittelst eines Flaschenzuges abgehoben werden.[350]).

Einen Übergang zu den heute vielfach im Gebrauche stehenden Hartgummiplatten, welche direct auf den Tisch gelegt werden oder an ihrer unteren Seite mit Stanniol überzogen sind, bildete der von Cavallo vereinfachte Elektrophor, den er in seiner Lehre von der Elektricität beschreibt: „Diese Maschine besteht aus zwei Platten, deren eine *B* eine cirkelrunde Glasscheibe ist, die man auf der einen Seite mit einer Composition aus gleichen Theilen von Harz, Siegellack u l Schwefel überzieht; die andere *A* ist eine messingene Pla oder ein Brett, mit Stanniol belegt, fast eben so groß die elektrische Platte, und mit einem gläsernen Handgı

versehen. Man erregt zuerst die ursprüngliche Elektricität in der Platte *B*, indem man ihre überzogene Seite mit einem Stücke reinem weißen Flanell reibt, und wenn diese so stark als möglich erregt ist, setzt man die Platte auf den Tisch, dass sie die überzogene Seite aufwärts kehrt; zweitens setzt man die Metallplatte auf den geriebenen elektrischen Körper; drittens berührt man die Metallplatte mit dem Finger, oder einem anderen Leiter, der, wenn er die Platte berührt, einen Funken von ihr erhält. Endlich fasset man die Metallplatte bei dem Ende des gläsernen Handgriffes und nimmt sie von der elektrischen Platte ab. Wenn man sie nun ein wenig in die Höhe gehoben hat, so wird man sie stark elektrisieret finden, und zwar mit der entgegengesetzten Elektricität von derjenigen, die sich in der elektrischen Platte befindet; und sie wird auf einen jeden Leiter, den man ihr nähert, einen sehr starken Funken schlagen."

Den Vorgang im Deckel bewies Wilke durch folgenden Versuch. Er befestigte zwei Metallscheiben an kurzen Seidenschnüren parallel untereinander, die obere versah er mit einem Glasgriffe. Legte er diese Doppelscheibe so auf den Kuchen, dass sich die Scheiben gegenseitig berührten und hob hierauf mittelst des Glasgriffes die Scheiben so ab, dass die untere an der oberen an den Seidenschnüren hieng, so zeigte die obere Scheibe dieselbe E wie der geriebene Kuchen, die untere die entgegengesetzte. Wurde jedoch vor dem Abheben der Doppeldeckel ableitend berührt, so zeigte nach der Trennung der Platte die obere gar keine, die untere die entgegengesetzte Elektricität von jener des Kuchens.

Wilke war auch der Erste, welcher eine richtige Theorie des Elektrophors gegeben.

Die Vorgänge im Kuchen suchte später Rieß[351]) und in neuester Zeit Bezold[352]) zu erklären.

§. 92. Die verschiedenen Versuche mit dem Elektrophor führten Volta 1782 zur Erfindung des Condensators. Er hatte nämlich bei einem Elektrophor mit sehr dünner Harzschichte, auf welchem der Deckel lag, beobachtet, dass, wenn er diesen mit einer äußerst schwachen Elektricitätsquelle in Berührung gebracht hatte, der Deckel beim Abheben merklich

elektrisch war. Zum Gelingen dieses Versuches war aber nöthig, dass die Harzschichte sehr dünn war und dass beim Auflegen und Abheben des Deckels keine Reibung stattfand. Volta wählte deshalb statt des Harzkuchens eine glatte Marmorplatte oder auch trockenes Holz, also einen Halbleiter, welcher durch Reibung viel zu wenig elektrisch werden konnte. Um noch sicherer zu Werke zu gehen, überzog er solche Körper später mit Firnis. So entstand ein Apparat, geeignet zum Nachweise geringer Elektricitätsgrade, welchen Volta Condensator nannte. Er wurde auch Mikroelektrometer oder Mikroelektroscop genannt.[353]) Der Name Collectorplatte für den Deckel wurde zuerst von Cavallo gebraucht.[354]) Dieser hat auch, um sehr geringe Grade von Elektricität wahrzunehmen, vorgeschlagen, mit dem größeren Condensator einen kleineren zu verbinden, damit die Elektricität noch mehr condensiert würde.

Um dem Einwurfe zu begegnen, dass durch das öftere Aufsetzen des Deckels auf die Basis Elektricität in derselben erregt werde, gab Lichtenberg diesem Apparate eine neue Einrichtung.[355]) Er verwendete als trennende Schichte keinen festen Isolator, sondern eine Luftschichte. Zu diesem Behufe werden auf eine Metallplatte drei kleine Stückchen Glas gelegt, welche so klein, als nur immer möglich ist, sein müssen. Auf diese kleinen Stückchen Glas, welche so gelegt sind, dass sie die äußersten Spitzen eines gleichseitigen Triangels ausmachen, wird der Deckel des Condensators gelegt. Die Glasstückchen müssen deshalb sehr klein sein, weil sie sonst den Condensator zu einem Elektrophor umschaffen würden, der zwar an sich sehr schwach, aber noch immer bei den feinen Versuchen, für welche das Instrument bestimmt ist, nachtheilig sein würde.

Der Elektricitätssammler des Cavallo ist eigentlich weiter nichts als der Lichtenbergische Condensator mit einer doppelten Luftschichte. Eine vollständige Beschreibung dieses Instrumentes findet man in den unter den Anmerkungen angezeigten Schriften.[356])

Der Duplicator der Elektricität, welcher von Bennet erfunden wurde und durch Cavallo und Nicholson verbesserte

Einrichtungen erhalten hat, wurde gebraucht, um eine geringe sonst gar nicht bemerkbare Quantität von Elektricität so lange zu verstärken, bis sie auf ein sehr empfindliches Elektrometer wirkt. Eine umständliche Beschreibung dieses Instrumentes befindet sich in Grens Journal der Physik.[357])

Im Jahre 1849 construierte Kohlrausch einen zweckmäßig eingerichteten Condensator, bei welchem er so wie Lichtenberg eine Luftschichte als Zwischenkörper benützte.[358])

§. 93. Endlich wurde die Influenz als Princip für Elektrisiermaschinen benützt. Der Erste, welcher dies zur Ausführung brachte, war der Italiener Belli 1831. Der Apparat war aber sehr umständlich [359]) und hat deshalb wenig Verbreitung gefunden.

Erst im Jahre 1865 wurden nahezu gleichzeitig von Professor Töpler in Riga und Holtz in Berlin vorzüglich wirkende Influenzelektrisiermaschinen construiert[360]), welche eine continuierliche Elektricitätsentwickelung durch die vertheilende Wirkung eines einmal elektrisierten Körpers liefern. Man nannte sie auch Elektrophormaschinen, da bei ihnen der in getrennten Acten stattfindende Vorgang des Elektrophors in einen continuierlichen verwandelt wird, wobei aber der Unterschied stattfindet, dass während beim Elektrophor die vom vertheilenden Körper angezogene Elektricität zur Wirkung kommt, bei den Influenzmaschinen gerade die abgestoßene Elektricität wirkt. Reis nennt mit Recht die Influenzmaschinen und die magnetelektrischen Maschinen die lang vermissten Bindeglieder zwischen der Reibungselektricität und dem Galvanismus.

So großes wissenschaftliches Interesse auch die Maschine Töplers gewährt, so verschaffte sich doch der Apparat von Holtz eine schnellere und größere Verbreitung, da er eine weit einfachere Einrichtung besitzt als der Töpler'sche.[361])

§. 94. Auch die Elektrisiermaschinen, welche sich auf Reibung gründen, haben in diesem Zeitabschnitte verschiedene Verbesserungen erfahren. Besonders waren es die Maschinen von Winter (k. k. Catastral-Lithograph und Elektriker in Wien), welche sich in neuer Zeit eines vorzüglichen Rufes erfreuten. Winter wendete, selbst wenn die Scheibe noch so groß war

nur ein einziges Reibkissenpaar an. Der Sauger bestand aus zwei massiven Ringen von hartem Holze, welche an den de Scheibe zugekehrten Seiten Metallspitzen trugen, die untereinander und mit dem Conductor durch Zinnfolienstreifen in Verbindung standen. Jedes Kissen hatte einen Flügel, anstatt aus Wachstaffet, aus einem Stoffe eigener, von Winter geheimgehaltener Zurichtung, der immer eine vollkommen glatte Oberfläche behält und sich daher mit allen Stellen seiner ganzen Fläche stets innig an die Glasscheibe anschmiegt. Auf den Conductor setzte er einen oder auch zwei hohle Ringe aus poliertem Lindenholze auf, mit einer in der Höhlung eingeschlosseneu Drahtspirale. Die Drehachse der Scheibe war ziemlich lang. Zudem gab er seinen Maschinen einen Funkenzieher bei.

Entdeckung der Hydroelektricität.

§. 95. Bei allen bisher erwähnten Elektrisiermaschinen, bei denen die Reibung die Elektricitätsquelle bildet, wurde die Elektricität durch Aneinanderreiben zweier fester Körper erzeugt. Dass auch durch Reibung von Körpern in einer anderen Aggregationsform Elektricität hervorgebracht werden könne, wurde im Jahre 1840 entdeckt.

Im October dieses Jahres wurde der Engländer Armstrong zu Newcastle am Tyne benachrichtigt, dass man zu Seghill, etwa 6 englische Meilen von Newcastle beim Ausströmen des Dampfes aus einem Dampfkessel eine ganz außergewöhnliche elektrische Erscheinung beobachtet habe.[362])

Als nämlich der Maschinenwärter daselbst mit der einen Hand nach dem Hebel des Sicherheitsventils griff, um dasselbe zu regulieren, während er zufällig die andere Hand in den aus einer undicht gewordenen Fuge ausströmenden Dampf hielt, so erhielt er einen Funken und empfand zugleich im Arme einen heftigen Schlag, wie von einer Leydenerflasche. Armstrong begab sich an Ort und Stelle und fand diese Angaben bestätigt. Es gelang ihm, dieselbe Erscheinung unter ähnlichen Umständen auch an anderen Dampfkesseln hervorzubringen. Ferner bemerkte er, dass wenn der Kessel isoliert

wurde, dieser und der ausströmende Dampf immer entgegengesetzte (der Dampf unter gewöhnlichen Umständen stets positive) Elektricität zeigten.

Im Verlaufe der Untersuchungen stellte sich Armstrong auf einen Isolierschemel und fand, dass dann die Funken weit stärker waren. Er experimentierte auch mit einer Locomotive, aus welcher er kräftige Funken erhielt. Um die Elektricität des Kessels nachzuweisen, wurde die Locomotive von den Schienen abgehoben und mit ihren Rädern auf isolierende Unterlagen von Pech und gedörrtem Holze gestellt. So lange der Dampf eingeschlossen blieb, gab der Kessel keine Anzeige von Elektricität, so wie man ihn aber ausströmen ließ, zeigte sich der Kessel stark negativ elektrisch.

Armstrong's Versuche, die Quelle dieser Elektricität zu ermitteln, führten zu keinem entscheidenden Resultate. Dass man anfänglich auf die verschiedensten Erklärungen verfiel, war nicht zu verwundern.

Schon im Jahre 1780 hatten Lavoisier und La Place[363]) durch Versuche gefunden, dass, wenn Wasser in einem Metallgefässe zum Verdampfen gebracht wurde, das Gefäss negativ, der Dampf aber positiv elektrisch wurde. Auch Volta fand 1782, wenn er Wasser auf eine glühende Kohle spritzte, dass diese negativ, der Wasserdampf positiv elektrisch wurde.[364]) Damit meinte man die Ursache der atmosphärischen Elektricität gefunden zu haben.

Erst 1827 wurde von Pouillet unzweifelhaft nachgewiesen, dass die Verdunstung des Wassers nicht die Ursache der Elektricität sei, doch war auch seine Erklärung nicht richtig, indem er als Ursache die chemische Trennung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff angab. Erst Rieß[365]) und Rauch[366]) fanden die wahre Ursache in der Reibung, indem destilliertes chemisch reines Wasser niemals Elektricität erregte, während dies stattfand, sobald in das Gefäss Salze oder sonstige feste Körper dem Wasser zugesetzt wurden.

Besonders maßgebend waren die Versuche von Faraday[367]), durch welche er zeigte, dass die Quelle der Elektricität in der Reibung des Dampfes an den festen Theilen des Gefässes zu

suchen sei, doch zeigte er auch, dass der Dampf allein nicht genügend ist, um Elektricität zu entwickeln, es muss nothwendig condensierter Dampf, also tropfbar-flüssiges Wasser, sich an den Wänden des Ausflusskanales reiben, oder mit anderen Worten, die Elektricität entspringt gänzlich aus der Reibung der vom Dampfe fortgeführten Wassertheilchen.

Im Jahre 1845 construierte Armstrong eine Dampfelektrisiermaschine, welche das größte Aufsehen erregte. Dieselbe besteht (Fig. 34) der Hauptsache nach aus einem eisernen Dampfkessel A, der auf Glasfüßen ruht und im Innern geheizt wird. Mit dem Dampfraume ist ein auf dem Kessel befindliches hutförmiges Gefäss B in Verbindung, das in ein kurzes messingenes Rohr C endigt, wo die Dampfausströmungsröhren D sich befinden. Diese müssen so eingerichtet sein, dass der Dampf darin eine große Reibung erleidet. Der nun ausströmende Dampf zeigt starke Elektricität, der Kessel gibt Funken. Leitet man den Dampfstrom auf einen mit Spitzen versehenen Conductor E, der mit der Erde leitend verbunden ist, so zeigt der Kessel um so kräftigere Elektricität. Die Löcher, die man am Thürchen sieht, welches zum Feuerraume führt, dienen dazu, um die zum Verbrennungsprocess nöthige Luft einzulassen; durch den Rauchfang G aber entweicht sie mit Rauch vermischt. Vor dem Hute bemerkt man noch das Sicherheitsventil F.

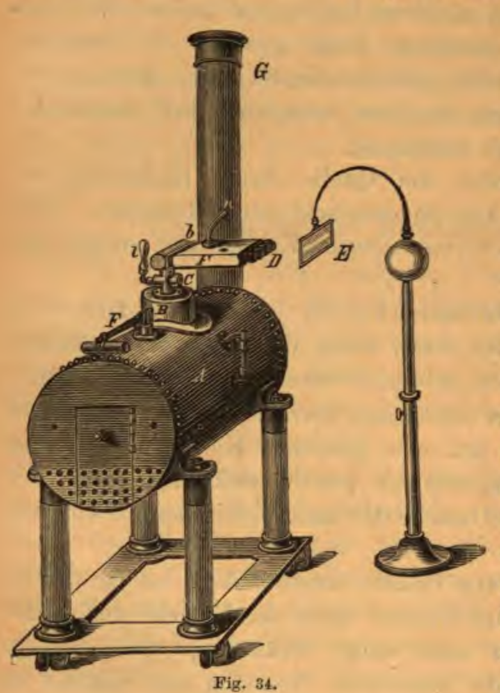


Fig. 34.

Die für das Polytechnic Institution zu London von Armstrong angefertigte Maschine hat colossale Dimensionen. Dieser Apparat besteht aus einem cylinderförmigen Dampfkessel von 1·1 *m* Durchmesser und 2 *m* Länge mit innerer Heizung, welcher durch 6 starke Glasfüße isoliert ist.

Der Dampf entweicht aus 46 durch Hähne verschließbaren Röhren, an deren Mündung ein Röhrchen von hartem Holze eingesetzt ist, wodurch die Wirkung sehr verstärkt wird. Der Dampf strömt gegen eine Reihe von Metallspitzen, die mit dem Boden in leitender Verbindung stehen, um die Elektricität des Dampfes abzuleiten.

Vor den größten und besten Scheibenmaschinen zeichnet sich die Armstrong'sche Hydroelektrisiermaschine nicht sowohl durch eine höhere Spannung, als dadurch aus, dass sie eine ungleich größere Quantität von Elektricität liefert. Die Funkenlänge ist nicht größer als bei den ausgezeichnetsten Scheibenmaschinen, alle Wirkungen aber, bei denen es darauf ankommt, in kurzer Zeit eine große Elektricitätsmenge zu liefern, sind bei der Hydroelektrisiermaschine viel bedeutender.

Die Gründer und Förderer der Potentialtheorie.

§. 96. Wiewohl dieses Werk schon seiner Bestimmung nach sich mehr auf den experimentellen Theil beschränken muss, so können doch Männer hier nicht ganz unerwähnt bleiben, welche der Lehre von der Elektricität durch ihre theoretischen und namentlich mathematischen Arbeiten wesentliche Dienste geleistet haben.

So war von unberechenbarem Vortheile nicht nur für die Elektricitätslehre, sondern für die ganze Physik die Einführung des Begriffes des Potentials. Die elektrischen Erscheinungen sind bekanntlich meist abhängig von den Anziehungen und Abstoßungen, welche getrennte Elektricitäten auf einander usüben. Da nun die auf einander einwirkenden elektrischen Kräfte in der Regel nicht von zwei Punkten ausgehen, sondern gewöhnlich zwei ausgedehnte Mengen auf einander oder eine ausgedehnte Menge auf einen Punkt einwirken,

so gestaltet sich die Berechnung dieser Einwirkungen zu einer sehr schwierigen Aufgabe, weil die Richtungen, nach welchen die einzelnen Punkte der auf einander wirkenden Mengen anziehend oder abstoßend wirken, sehr ungleich sind. Zum Behufe der Erleichterung solcher Berechnungen wurde eine Function eingeführt, aus welcher sich die Anziehung oder Abstoßung direct ableiten lässt, die irgend ein Punkt von einem anderen, oder von einer Anzahl solcher Punkte, oder von einer ausgedehnten Menge erfährt. Eine solche Function heißt im Allgemeinen eine Kräftefunction, in dem besonderen Falle, in welchem die Kräfte, mit welchen sich zwei in je einem Punkte concentrierte Mengen anziehen oder abstoßen, der Größe dieser Mengen direct, dem Quadrate ihres Abstandes umgekehrt proportional sind, heißt diese Function nach Green die Potentialfunction, nach Gauß das Potential.

Da es außer der Grenze dieses Werkes liegt, darzustellen, wie man diese Function abgeleitet, so verweisen wir bezüglich der Potentialtheorie auf eine Reihe von Schriften, welche wir in der rückwärts befindlichen Literatur verzeichnet haben.[368]) An dieser Stelle jedoch wollen wir bloß jene Männer anführen, welche sich um die Gründung und Entwickelung dieser Theorie Verdienste erworben haben.

Die erste Vorarbeit stammt jedenfalls schon von Laplace, welcher von dem allgemeinen Newton'schen Gravitationsgesetze ausgehend, eine Function entwickelte (1782), von welcher jedoch Poisson zeigte, dass sie nicht für alle Fälle Giltigkeit habe.

Poisson (geb. 1781 im Departement Loiret, gest. 1840) war einer der bedeutendsten theoretischen Physiker. Vom Jahre 1802 bis 1815 lehrte er Mechanik und höhere Analyse an der polytechnischen Schule in Paris, hierauf am Collège de France.

Dass seine Berechnungen mit den Coulomb'schen Experimenten übereinstimmten, haben wir bereits erwähnt. Er stellte auch den Satz auf, dass die Resultierende aller Wirkunge der elektrischen Theilchen der Oberfläche auf einen Punkt i Innern = 0 sei, und dass die Elektricität sich nur auf d Oberfläche eines Leiters anordne. Ferner berechnete er di

Wirkung der auf einer Kugel vorhandenen Elektricitätsmenge auf einen beliebigen Punkt, und ebenso von einer zweiten Kugel.

Als Begründer der Potentialtheorie müssen Green und Gauß betrachtet werden. George Green ließ im Jahre 1828 eine Schrift erscheinen [369]), durch welche die Laplace'sche Function eine wichtige Bedeutung erhielt. Green machte sich an die Aufgabe, eine Gleichung zwischen der Dichtigkeit auf der Oberfläche eines Körpers und der Potentialfunction im Innern und außen aufzufinden. Es gelang ihm auch die Dichtigkeit aus der Potentialfunction und umgekehrt zu berechnen.

Er untersuchte ferner die Influenz auf verschiedenen Körpern und die Wirkung einer Hohlkugel, dann von zwei und mehreren Kugeln auf einen Punkt und betrachtete endlich zwei durch einen langen Draht verbundene Kugeln, wobei er den Radius der einen Kugel unendlich klein werden ließ, so dass der Fall der Spitzenwirkung eintritt.

Im Jahre 1839 veröffentlichte Gauß „Allgemeine Lehrsätze“ [370]), welche die Grundlage der Potentialtheorie enthalten und dieselbe fast vollständig durchführen. Gauß war von den Arbeiten Green's nicht beeinflusst, da dieselben auf dem Continente nicht bekannt waren, ja wie Hoppe in seinem großen Werke über Geschichte der Elektricität hervorhebt, nicht einmal von den Engländern benutzt wurden. Erst 1850—1854 wurden Greens Arbeiten durch den berühmten Physiker Thomson veröffentlicht. [371])

Bei Gauß hat die Bezeichnung Potential dieselbe Bedeutung wie Greens Potentialfunction, während später nach dem Vorgange von Clausius zwischen Potentialfunction und Potential unterschieden wurde, so dass die Bezeichnung „Potentialfunction“ auf die Masseneinheit, der Ausdruck „Potential“ auf eine Masse bezogen wird.

Als Förderer dieser Theorie müssen genannt werden Thomson in England, Dirichlet und Riemann in Deutschland.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

§. 97. Die Auffindung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, welches ein Fundamentalgesetz der neueren Naturforschung geworden ist, hat nicht nur auf die Gestaltung der Physik überhaupt, sondern auch speciell auf die Lehre der Elektricität einen großen Einfluss geübt.

Nachdem schon Graf Rumford 1798 durch seine Versuche zur Vermuthung gelangt war, dass die Wärme auf Bewegung beruhe, hat zuerst nach etwa 40 Jahren im Jahre 1842 Julius Mayer, praktischer Arzt zu Heilbronn in Schwaben Sätze mit vollster Klarheit aufgestellt, welche die Grundlage der mechanischen Wärmetheorie bilden, nämlich dass sowie nirgends Materie vernichtet werden kann, ebenso auch niemals lebendige Kraft verloren geht, dass der Verlust an sichtbarer Bewegung immer durch die unsichtbaren Molekularbewegungen, welche wir Wärme nennen, ersetzt wird, und dass in jedem Falle die Größe des Verlustes der Größe des Ersatzes proportional ist. Mayer bestimmte auch das mechanische Wärme-Äquivalent. Dennoch hatte er damals die verdiente Anerkennung seiner wissenschaftlichen Verdienste nicht gefunden. Er setzte es nur mit Mühe durch, dass eine Abhandlung von ihm unter dem Titel: „Über die Kräfte der unbelebten Natur“ in Liebig's und Wöhler's Annalen aufgenommen wurde. Und wie gelangte dieser Aufsatz zur Veröffentlichung? — Bedeutend gekürzt und fast unverständlich zusammengezogen.

Der Engländer Joule hatte um dieselbe Zeit messende Versuche angestellt und später mit der größtmöglichen Schärfe das mechanische Wärme-Äquivalent bestimmt.

Die mechanische Wärmetheorie nöthigte zur Annahme, dass auch Elektricität und Magnetismus mechanischer Natur sind, da auch durch sie Wärmewirkungen und mechanische Wirkungen hervorgebracht werden, und dass diese Wirkungen demnach nur als die Umwandlung einer Molekularwirkung in eine andere betrachtet werden müssen. Man suchte nun auf mathematischem Wege immer tiefer in das Wesen der Wärme und anderer Naturkräfte einzudringen. Das Gesetz von der Erhaltung der

Kraft wurde im Laufe der Entwickelung zum Gesetze von der Erhaltung der Energie umgestaltet. Der elektrische Strom wurde als unsichtbare Energie der Bewegung, die elektrische Spannung als unsichtbare Energie der Lage erklärt.

Unabhängig von beiden oben genannten Forschern sprach bereits im Jahre 1845 Helmholtz den Gedanken von Äquivalenz zwischen Wärme und Arbeit aus und dehnte zwei Jahre später das Princip auf die gesammte Naturwissenschaft aus. [372])

Im Jahre 1865 wurde von Clausius zuerst das wichtige Grundgesetz der Naturwissenschaft ausgesprochen: „Die Energie des Weltalls ist constant."

Edlunds Theorie der Elektricität.

§. 98. Der Schwede Edlund, der auf dem Gebiete der Thermoelektricität und der Inductionserscheinungen hervorragende Arbeiten geliefert hat, nimmt als das Medium der elektrischen Erscheinungen den Lichtäther oder Weltäther an [373]), von dessen Atomen vorausgesetzt wird, dass sie sich im umgekehrten Verhältnisse zum Quadrate der Entfernung abstoßen. Ein Körper ist nach Edlunds Theorie unelektrisch, wenn die Abstoßung seines frei wirksamen Äthers durch die seiner Umgebung aufgehoben wird. Enthält ein Körper mehr freien Äther als in dem eben geschilderten normalen Zustande, so ist er positiv elektrisch, enthält er weniger davon, so ist er negativ elektrisch. Positive Elektricität ist demnach Ätherüberschuss (Excess), negative Elektricität ist Äthermangel (Deficit).

In guten Leitern hat der freie Äther selbst eine freie Beweglichkeit, in schlechten Leitern ist seine eigene Beweglichkeit gehemmt, er nimmt jedoch an der Beweglichkeit der Körpermolekel Antheil.

Der elektrische Strom ist fließender Äther und die Stromstärke ist die Menge des Äthers, der in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Stromleiters fließt.

Die elektromotorische Kraft hat demnach keine andere Aufgabe, als die in Form von Wärme schon vorhandene

Schwingungsbewegung des Äthers in eine fortschreitende Bewegung zu verwandeln.

Edlunds Ansicht über die Geschwindigkeit der Elektricität haben wir an einer anderen Stelle mitgetheilt.

III. Abschnitt.

Die drei Hauptrichtungen der neuen Elektrotechnik.

1. Telephonie.

§. 99. Von dem Amerikaner Page wurde im Jahre 1837 eine eigenthümliche Entdeckung gemacht. Er fand nämlich die Thatsache [374]), welche später von Marian bestätigt (1844) und von Wertheim (1848) genau untersucht und studiert wurde, dass ein Eisenstab bei abwechselnder Magnetisierung und Entmagnetisierung mittelst einer galvanischen Spirale in longitudinale Schwingungen versetzt werde und töne. Die Magnetisierung und Entmagnetisierung ist nämlich mit einer molekularen Bewegung verbunden. Befand sich der Stab außerhalb der Achse der Spirale, so war der Ton weniger rein. Stäbchen von Blei, Zinn, Zink, Kupfer, Silber, Platin gaben nach den Versuchen von Wertheim keinen Ton.

Außer den genannten Physikern haben de la Rive 1843, Matteucci 1844 und noch einige andere sich mit Untersuchungen über das galvanische Tönen beschäftigt, jedoch alle Untersuchungen hatten nur den Zweck, das Wesen und die Entstehung des Tones zu ergründen. Keiner hatte daran gedacht, oder einen Versuch gemacht, aus dieser Thatsache praktischen Nutzen zu ziehen. Erst im Jahre 1860 findet man den Franzosen Laborde [375]) mit dem Gedanken beschäftigt, die Töne der Stäbe zu Signalzwecken zu verwenden.

Es ist Laborde in der That gelungen, durch elektrische Ströme Eisenstäbe in Schwingungen von bestimmter Dauer zu versetzen und dadurch die ersten sechs Töne der Tonleiter in die Ferne zu übermitteln. Du Moncel berichtet, dass Bourseilles

die Art und Weise der elektrischen Tonübermittelung klar erfasst und ihm diese im Jahre 1854 mitgetheilt habe, und im selben Jahre habe Bourseilles, Sousinspecteur des lignes télégraphiques zu Auch an ihn geschrieben: [376])

„Ich fragte mich, warum nicht Worte selbst mittelst der Elektricität übermittelt werden können; mit anderen Worten, warum nicht jemand in Wien spricht und in Paris gehört wird. Die Sache ist ausführbar; hören Sie:

Stellen Sie sich vor, dass jemand gegen eine so empfindliche Platte spreche, dass keine der durch die Stimme erzeugten Schwingungen verloren gehe; dass diese Platte abwechselnd den Stromkreis einer galvanischen Batterie schließe und öffne, dass endlich eine zweite Platte in einer gewissen Entfernung vorhanden sei, welche zu derselben Zeit dieselben Schwingungen mache, als die erste Platte.

Es wäre also nöthig eine galvanische Batterie, zwei schwingende Platten und ein metallischer Verbindungsdraht. Sicher ist, dass in kürzerer oder längerer Zeit die Sprache elektrisch in die Ferne übermittelt wird. Mit Versuchen habe ich begonnen; sie sind zarter Natur und erfordern Zeit und Geduld; aber die bereits erzielten Schritte versprechen günstigen Erfolg."

Wenngleich Bourseilles in der That den Weg zur elektrischen Übermittelung der Sprache vorgezeichnet hat, so ist er trotzdem zu keinem befriedigenden Resultate gelangt. Die Vorbereitung zur Lösung dieser Aufgabe blieb vielmehr einem Deutschen, dem Naturforscher und Lehrer Philipp Reis zu Friedrichsdorf bei Homburg v. d. Höhe überlassen.

Dieser hat nämlich im Jahre 1860 die an dem Eisen beobachtete Thatsache benützt, um einen Apparat herzustellen, welcher die Töne der menschlichen Stimme oder einer Pfeife in die Ferne zu senden vermag. Da die Länge des Leitungsdrahtes beliebig ausgedehnt werden kann, so gab Reis seinem Apparate den Namen Telephon (Ferntöner). Die Beschreibung eines solchen Apparates erschien zuerst in dem Jahresberichte des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M., für 1861.

Professor Silvanus P. Thompson in Bristol gibt in seinem Buche: „Philipp Reis, Inventor of the Telephone" eine Biographie

des Erfinders, welcher die folgenden Daten entnommen sind Johann Philipp Reis wurde am 7. Jänner 1834 zu Gelnhausen, im ehemaligen Kurfürstenthum Hessen, als der Sohn eines Bäckermeisters geboren. Nachdem er in seiner Vaterstadt die Elementarschule besucht hatte, kam er als elfjähriger Knabe in die Knabenerziehungsanstalt in Friedrichsdorf bei Homburg v. d. H.; im vierzehnten Lebensjahre gieng er nach Frankfurt a. M. in das Hasselt'sche Institut und trat dann in dieser Stadt in ein Farbwaarengeschäft, denn sein Vater wollte den Jüngling, ungeachtet dieser die größte Lust zu technischen Studien zeigte, dem kaufmännischen Stande widmen. Aber auch in dieser Stellung konnte Reis nicht auf das Studium der Naturwissenschaften verzichten, er nahm Privatstunden in Mathematik und Physik und hörte Vorträge im physikalischen Verein. Nachdem er seine Lehrzeit vollendet hatte, trat er in eine Gewerbeschule, in welcher Mathematik, Physik, Mechanik und Chemie gelehrt wurde. Im Jahre 1858 war er bereits Lehrer an dem Institute des Hofrathes Garnier in Friedrichsdorf und begann nun seine selbständigen Forschungen. Im Jahre 1860 hatte er ein Telephon erfunden, welches er am 26. October 1861 im physikalischen Vereine zu Frankfurt und 1863 auf der Naturforscherversammlung in Stettin und 1864 vor der Versammlung deutscher Naturforscher in Gießen vorzeigte.

Als seine Bestrebungen nicht die von ihm erhoffte Anerkennung fanden, zog er sich von dem öffentlichen Wirken immer mehr zurück. Endlich zwang ihn ein Lungenleiden, auch dem Lehramte zu entsagen. Er starb am 14. Jänner 1874. Der physikalische Verein setzte ihm im Jahre 1878 ein Denkmal auf den Friedhofe zu Friedrichsdorf.

Der Reis'sche Apparat besteht aus zwei Theilen, dem eigentlichen Tongeber und dem Tonwiedergeber. Der Tongeber (Fig. 35) ist im wesentlichen ein hölzernes hohles Kästchen A, in dessen Deckel eine kreisförmige Öffnung angebracht ist, welche durch eine darüber gespannte elastische Membrane geschlossen wird. Auf die Mitte dieser Membrane ist ein kleines Platinplättchen i aufgekittet, welches mit einer Klemmschraube a durch ein ganz dünnes Metallstreifchen f in leitender Verbindung steht. Auf den

Mitte des Platinplättchens ruht ein kurzes Platinstiftchen *g*, welches an der unteren Seite eines sehr beweglichen winkelförmigen Blechstückchens *hgi* so angebracht ist, dass das Stiftchen beim Schwingen der Membrane von dem mit derselben schwingenden Platinplättchen berührt wird. Dadurch kann der Schließungs-

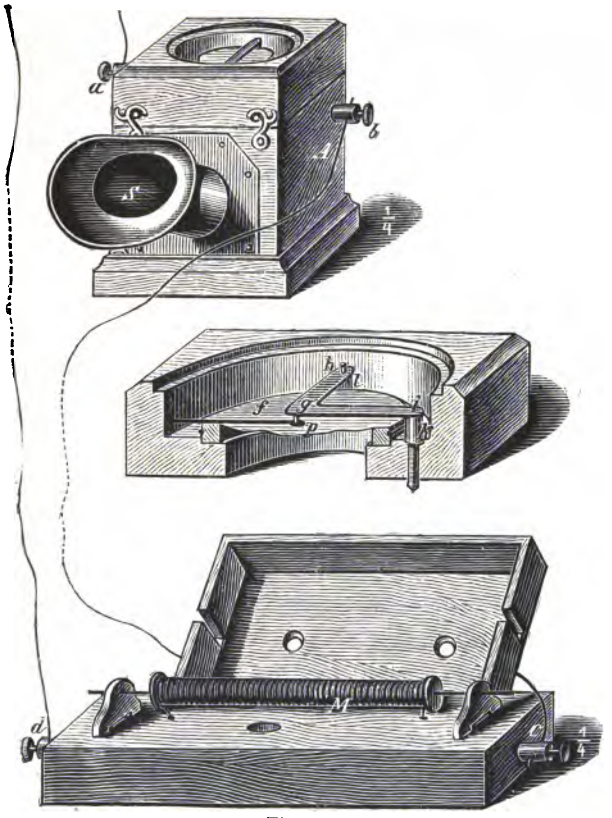


Fig. 35.

kreis eines galvanischen Stromes sehr rasch nach einander geöffnet und geschlossen werden. Sobald nämlich die Schallwellen eines inlänglich kräftigen Tones durch ein an dem Kästchen ange-rachtes Mündungsrohr *S* in das Kästchen eintreten, wird die lastische Membrane, welche dasselbe oben schließt, in Vibra-ionen versetzt. Jede eintretende Verdichtungswelle hebt das

Platinplättchen sammt dem darauf sitzenden Stiftchen, wenn aber die Membrane nach unten schwingt, kann das Blech mit dem Stiftchen nicht schnell genug folgen, es entsteht also hier bei jeder Vibration der Membrane eine Unterbrechung des Stromes, welche sich auch durch ein an der Unterbrechungsstelle auftretendes Fünkchen zu erkennen gibt. In den Schließungskreis ist in größerer Entfernung der Tonwiedergeber eingeschaltet. Derselbe besteht (Fig. 35) aus einem Resonanzboden *M*, auf dem eine dünne Stricknadel aufgesetzt ist; um die Nadel herum gehen die Spiralwindungen eines übersponnenen Kupferdrahtes, welcher einen Theil des Schließungskreises der Batterie bildet. Ein mit einem zweiten Resonanzboden versehener Deckel kann noch über die Spirale geklappt werden, und dadurch werden die Töne sehr verstärkt. Werden nun Töne vor der Mündung hervorgebracht, indem man in dieselbe singt, oder indem man Orgelpfeifen anbläst, so hört man an dem möglichst entfernten Tonwiedergeber zunächst ein eigenthümlich knarrendes Geräusch, welches von der Tonhöhe der am Unterbrechungsapparat hervorgebrachten Töne unabhängig ist; außerdem aber werden diese Töne selbst durch den Stahldraht deutlich wahrnehmbar reproduciert.

Ferner hat Dr. Th. Clemens, Arzt in Frankfurt a. M. Beobachtungen über die Schallfortleitung in einem Telegraphendraht angestellt und diese in der Zeitschrift „Deutsche Klinik“ 1863, S. 468 veröffentlicht.

Clemens benützt zur Übermittelung der Töne Magnet-Inductionsströme; sein Apparat ist somit dem jetzt gebräuchlichen noch um einen Schritt näher. Der Apparat von Reis, sowie die Beobachtungen des Dr. Clemens fielen in Deutschland der Vergessenheit anheim.[377])

Zu den mannigfaltigen Bestrebungen auf dem Gebiete der Telephonie (von dem Amerikaner van der Weyde 1868 bis 1870, gleichzeitig von dem englischen Physiker Cromwell F. Varley, später von Cecil und Lenardo Vray) gehört unstreiti auch der höchst scharfsinnig erdachte Stimmgabel-Telegraphe apparat von La Cour in Kopenhagen, welchen derselbe a der internationalen Telegraphen-Conferenz in Petersburg i

Jahre 1875 vorführte. Man denke sich an jedem Ende eines Leitungsdrahtes, der von Wien nach Graz führt, 10 elektromagnetische Apparate aufgestellt, die mit dem Drahte in Verbindung stehen. Führt man mittelst des Apparates *A* in Wien einen gewöhnlichen Strom in den Draht, so stehen diesem Strome an dem anderen Ende in Graz die 10 Apparate zur Disposition, um den Weg in die Erde zu finden, und es ist kein Grund vorhanden, den einen oder den anderen vorzuziehen. Es handelt sich nur darum, dem von *A* ausgehenden Strom solche Eigenschaften zu geben, dass er nur den Apparat *a* in Graz afficiert, den von *B* ausgehenden Strom nur nach *b* zu führen etc. Diese Aufgabe wird gelöst durch die überaus sinnreiche Anwendung der Eigenschaft der Stimmgabel, welche, ob stark, ob schwach angeschlagen, stets die gleiche Anzahl von Schwingungen gibt. Umgibt man eine aus Stahl gefertigte Stimmgabel mit einer Drahtspirale, so dass die Stimmgabel frei in derselben schwingen kann, und leitet durch die Spirale einen Strom, so wird die elektro-magnetische Eigenschaft dieses Stromes auf die beiden Arme der Stimmgabel anziehend wirken und dieselbe auseinanderziehen. Leitet man den Strom, bevor er in die Spirale geht, in ein Messingstäbchen, welches zwischen die Arme der Stimmgabel reicht, und versieht man den einen Arm der Stimmgabel mit einer horizontal abstehenden Platinspitze, welche in der Ruhelage das Messingstäbchen berührt, so tritt der Strom durch das Stäbchen in die Stimmgabel. So fungiert die Stimmgabel als Leiter. In dem Augenblicke aber, wo auf diese Weise der Strom stattfindet, und in Folge davon die Arme der Stimmgabel auseinander gezogen werden, berührt die Platinspitze das Messingstäbchen nicht mehr, der Strom ist unterbrochen, der Arm der Stimmgabel fällt vermöge seiner Elasticität zurück, die Verbindung ist dadurch von neuem hergestellt, und es findet eine neuerliche Schwingung statt.

Auf diese Weise entsteht eine intermittierende Bewegung des Stromes, wie wir sie bei den elektrischen Apparaten kennen, die z. B. zu Läutewerken dienen, allein diese Intermittenz entspricht genau der Schwingungsweise der Stimmgabel, und wenn letztere beispielsweise 500 Schwingungen in der Secunde macht, so wird der Strom genau das gleiche Intervall besitzen.

Man construiert nun 10 Stimmgabeln mit abweichender Stimmung, und zu jeder Stimmgabel eine vollkommen gleich gestimmte Schwester. Man fügt die ersten 10 Stimmgabeln, versehen mit den elektrischen Drahtspiralen, so in die Leitung, dass je eine Stimmgabel-Vorrichtung zwischen einem der 10 in Wien aufgestellten Telegraphen-Apparate und der allgemeinen Leitung eingeschaltet ist, und ordnet die 10 Zwillings-Stimmgabel-Vorrichtungen in Graz auf gleiche Weise an, so wird folgendes stattfinden: der vom Apparat *A* ausgehende Strom wird vor dem Eintritt in den allgemeinen Leitungsdraht durch die Stimmgabel-Vorrichtung individualisiert, und findet an dem anderen Ende in Graz nur bei jenem Apparate einen Anklang, wo er eine Stimmgabel vorfindet, die mit der gleichen Schwingungszahl schwingen kann.

Die Stimmgabel-Telegraphie wurde später noch weiter ausgebildet von Elisha Gray in Chicago und auch von A. Edison in Menlo-Park.[378])

So scharfsinnig auch diese Einrichtungen erdacht waren, so konnte dieser Gedanke doch bisher nicht praktisch verwertet werden.

Da gelangten plötzlich zu Beginn des Jahres 1877 aus Amerika Aufsehen erregende Nachrichten über die Fortpflanzung von Tönen durch den elektrischen Strom zu uns. Diese Berichte erschienen durchaus nicht von Übertreibungen frei. So sollte ein zu Boston in Nordamerika gegebenes Concert in einen mit Zuhörern gefüllten Saal in Newyork telegraphiert worden sein. Das Instrument sollte auch imstande sein, nicht nur Töne, sondern auch die menschliche Sprache mit ihrer Klangfarbe in die Ferne elektrisch zu übermitteln. Dies machte das deutsche Publicum, welches in der Regel nüchterner ist, anfangs misstrauisch, und man glaubte, es mit einem amerikanischen Humbug zu thun zu haben.

Es war jedoch in der That eine Erfindung gemacht worden, welche alle bisherigen Telephone weit überholt hatte. Der in Schottland geborene und nach Amerika eingewanderte Profess Alex. Graham Bell, hatte nach vorausgegangenen Arbeit des Mr. Elisha Gray einen Apparat construiert, welcher ung achtet seiner Einfachheit imstande ist, nicht nur verschiede

Töne, sondern auch Worte in bedeutende Entfernungen hörbar zu übermitteln. Fünf Jahre fortgesetzter Arbeit waren dem Gelingen vorangegangen. Die verschiedenen vorausgegangenen Versuche und Untersuchungen findet man in der „Geschichte der Telephonie, Berlin 1880“ angeführt.

Der neue Apparat erfuhr in der ersten Zeit in der Gelehrtenwelt die verschiedensten Urtheile. Der englische Physiker William Thompson äußerte bei einer zu London gehaltenen Rede: „Das Telephon ist einer der interessantesten Apparate, welche in diesem Jahrhundert auf dem wissenschaftlichen Gebiete construiert worden sind. Es ist die bedeutendste Erfindung, die je in der Geschichte der Wissenschaft zu verzeichnen war.“ Ein anderer hervorragender Physiker äußerte dagegen: „Ich muthe keinem ernsthaften Physiker die verrückten Gedanken zu, die hier nöthig waren.“

Wenn es möglich ist, an einem Orte eine vollkommen gleiche Aufeinanderfolge von Schwingungen hervorzubringen, wie die, welche an einem anderen Orte erzeugt worden sind, so werden an beiden Orten gleiche Töne gehört. Die Schwingungen müssen selbstverständlich genau gleich sein, d. h. von derselben Geschwindigkeit, sie müssen ferner auch so beschaffen sein, dass sie diejenige Eigenschaft wiedergeben, welche Helmholtz als von den, den primären Ton begleitenden harmonischen Obertönen abhängig bewiesen hat. Dies war das zu lösende Problem, an welches sich Professor Bell wagte, und welches er auch auf die jedem unserer Leser bekannte Weise löste. Ein dünnes Eisenscheibchen nimmt die Schallwellen auf und geräth dadurch in Schwingungen. In der nächsten Nähe des Scheibchens befindet sich ein Magnetstab, dem das Scheibchen durch die Schwingungen bald genähert wird, bald sich von demselben entfernt und so den freien Magnetismus des permanenten Magnetes verändert. Das dem Scheibchen zugewandte Ende des Magnetes umgibt eine feine Drahtspule, in welcher durch die ıtensitätsschwankungen des Magnetismus Inductionsströme in lternierenden Richtungen entstehen, welche sich in dem Lei ungsdrahte fortpflanzen, wodurch auch der Magnetismus in dem lagnete des Empfangstelephons ähnliche Änderungen erfährt,

und in der entfernten Drahtrolle wieder Inductionsströme erzeugt, welche hinsichtlich ihrer Stärke und Dauer im genauen Verhältnisse stehen zu der Kraft und Dauer der Vibrationen der ursprünglich bewegten Scheibe. Wird daher die Scheibe des Ausgangstelephons durch Schallwellen der Stimme oder eines musikalischen Instrumentes in Schwingungen versetzt, so werden auf die eben angegebene Weise ganz gleiche Vibrationen in dem Eisenblättchen des Empfangstelephons und somit die gleichen Schallwellen erzeugt, wie in dem Ausgangstelephon, weshalb der Horcher bei ersterem dieselben Töne vernimmt.

Die ersten öffentlichen Versuche mit dem Bell'schen Telephon wurden während der Ausstellung in Philadelphia 1876 vorgeführt und die erste regelmäßige Telephonlinie von C. Williams jun. zwischen Boston und seinem etwa 50 Kilometer entfernten Sommersitze in Sommerville errichtet. [379])

Wenn wir die beiden von uns besprochenen Telephone, das von Bell und jenes von Reis vergleichen, so finden wir, dass Bell eigentlich einen dem Reis'schen Verfahren entgegengesetzten Weg einschlug. Während bei Reis der elektrische Strom den Magnetismus anregt, so erzeugt bei Bell der Magnet elektrische Ströme.

Das Telephon nach Bell bewirkt eine sechsfache Übersetzung einer Kraft in eine andere. Die Schwingungen der aus unserem Munde kommenden Luftsäule versetzen nämlich das Schallblech in gleiche Schwingungen. Letztere werden getreu in magnetische Schwankungen übersetzt; die magnetischen Schwankungen übersetzen sich in blitzschnell forteilende elektrische Ströme, die nun auf demselben Wege durch magnetische und mechanische Wirkungen in die Ursprache zurückübersetzt werden, und merkwürdiger Weise bei dieser sechsfachen Übersetzung nichts von ihrer Originalität einbüßen.

Eine wesentliche nothwendige Ergänzung des Telephons war der Anrufapparat, der auf der entfernten Station den Beginn des Telephonierens durch einen lauten Klang des Tel phons anzeigt; solche Anrufer sind von Weinhold, Fein, Siemen und Halske u. A. construiert worden und bestehen aus Spule mit Kernen, in denen durch den Schall einer ganz nahen Kling

sehr starke Ströme induciert werden, die in dem Telephon der anderen Station einen lauten Klang erzeugen.

§. 100. Auch Edison hatte ein Telephon construiert, welches jedoch einen galvanischen Strom voraussetzt und die Stromschwankungen durch vermehrten oder verminderten Druck auf Graphitpulver, welches gleich hinter der Membrane in den Stromkreis eingeschaltet ist, herstellt. Es war nicht imstande die Concurrenz mit dem Bell'schen Apparate auszuhalten.

Edison war auch der Erfinder des Phonographen 1878, der Töne und die Sprache aufzeichnet und sie nach beliebiger Zeit wieder hörbar macht.

Der Amerikaner Thomas Edison in New-Jersey, 24 engl. Meilen von New-York ist einer der merkwürdigsten Menschen der Gegenwart. Er hat, wie sein Landsmann Franklin keine Specialstudien gemacht; seine erste Erziehung erhielt er in der Schule seines kleinen Heimatsortes. Nach seinem Austritt aus der Schule trat er in ein Telegraphenbureau ein, die Mechanik zog ihn an. Seit dem Tage, an welchem er zum ersten Male den Morse'schen Telegraphen berührte, folgte eine Erfindung auf die andere. In Menlo Park bei New-Jersey, liegt sein Wohnhaus in einem weiten Garten, an dessen Ende sich das merkwürdige Laboratorium des Erfinders befindet. Über diesem Laboratorium laufen so viele Telegraphendrähte zusammen, dass es aussieht, als ob eine riesige Spinne ihr Netz in der Luft ausgespannt hätte. In diesem Raume arbeitet Edison.

Von verschiedenen Seiten wurden Versuche gemacht, die Stärke der Ströme des Bell'schen Telephons zu erhöhen. Auf diese Weise entstanden mannigfaltige Modificationen und die Literatur der Telephonie wurde eine sehr reichhaltige.[380]) Dennoch bleibt das Bell'sche Telephon in seiner Einfachheit großartig und höchst wirkungsvoll.

§. 101. Die fast unglaubliche Empfindlichkeit des Telephons für die allerschwächsten elektrischen Ströme und ihre Schwankungen hatte die englischen Physiker Forbes und Tait veranlasst, dasselbe als ein Mittel zu empfehlen, elektrische Ströme zu entdecken, welche mittelst der empfindlichsten Messwerk-

zeuge der Physiker nicht mehr erkannt werden können. Man hat nur nöthig, die vermutheten, sich jeder sonstigen Wahrnehmung entziehenden Ströme in ganz schneller Unterbrechung, z. B. durch die Rauhigkeiten einer bewegten Feile, in den Draht des Telephons zu leiten, um dieses sogleich zu einem ihr Dasein verrathenden Erklingen zu bringen. Natürlich müssen rythmische Veränderungen des Widerstandes, den ein elektrischer Strom in seiner Leitung erfährt, denselben Erfolg hervorbringen, und dies ist der Punkt, an den die Beobachtungen und Entdeckungen des Prof. Hughes, des Erfinders des Typendrucktelegraphen, anknüpften, und welche ihn zur Erfindung des Mikrophons führten. Derselbe entdeckte 1878, dass die Tonschwingungen ebenfalls und zwar auf sehr verschiedene Körper derartig einwirken, dass ihr Leitungswiderstand mit jeder Schwingung verändert wird. Diese Beobachtung war schon von rein wissenschaftlicher Seite, wegen des darin sichtbaren Zusammenhanges der einzelnen Naturkräfte unter einander so interessant, dass der Entdecker sie mit aller Sorgfalt verfolgte. Er verfuhr dabei so, dass der auf seine elektrische Schallempfindlichkeit zu untersuchende Körper in den Draht eines in einem anderen Raume befindlichen Telephons eingefügt wurde, während durch diesen Draht ein elektrischer Strom circulierte. Je deutlicher die Töne, welche Hughes auf den zu untersuchenden Körper wirken ließ, im fernen Telephon wieder erklangen, um so empfindlicher erwies sich dieser Körper dadurch für die Schallschwingungen, die auf ihn wirkten. Hughes fand zunächst, dass lose zusammenhängende Metallmassen z. B. in eine Glasröhre eingeschlossene Metallfeilspäne oder Schrotkörner und dgl., so lange ihre Oberfläche ohne Rost war, sehr empfänglich waren.

Noch vorzüglicher als die feinzertheilten Metalle erwies sich poröse Kohle; aber die merkwürdigsten Resultate erhielt der Entdecker bei einer Verbindung von Kohlen und Metalltheilchen. Er nahm ein Stückchen Weidenholzkohle, wie es die Künstler zum Entwerfen ihrer Kohlenskizzen brauchen, erhitzte es allmählich bis zur Weißglut, und tauchte es dann plötzlich in Quecksilber ein. Die durch die plötzliche Abküh-

lung entstehenden luftleeren Räume in den Poren der Holzkohle füllen sich hierbei mit zahllosen mikroskopisch kleinen Quecksilberkügelchen und stellen dann einen im höchsten Grade schallempfindlichen Elektricitätsleiter dar. In ähnlicher Weise konnten Stückchen von Weiden- oder Fichtenholzkohle dadurch, dass sie mit Eisen- oder Zinkdämpfen imprägniert wurden, in äußerst schallempfindliche Leiter verwandelt werden.

§. 102. Das Telephon begann auch bei Widerstandsbestimmungen eine Rolle zu spielen, indem man es an die Stelle des Galvanometers setzte [381]). Auf diese Weise prüfte Bell die große Veränderlichkeit des Widerstandes von Selen bei verschiedener Belichtung und gelangte so zur Erfindung eines Apparates, den er Photophon nannte [382]).

Man wusste nämlich bereits seit Becquerel, dass das Licht auf Metalle in Bezug auf ihre elektromotorische Kraft einen Einfluss habe [383]).

Das Selen wurde im Jahre 1817 von den Chemikern Berzelius und Gottlieb Gahn entdeckt, als sie eine Untersuchung der damals gebräuchlichen Fabricationsmethode der Schwefelsäure durch Rösten von Schwefelkiesen anstellten. Berzelius nannte es Selen, nach der griechischen Mondgöttin Selene, um die Verwandtschaft mit dem nach dem Erdgotte Tellus benannten Tellur anzudeuten.

Im Jahre 1852 wies der deutsche Physiker Hittorf nach, dass Selen, wenn es aus dem geschmolzenen Zustande außerordentlich langsam abgekühlt wird, die Elektricität leitet und etwa zwanzig Jahre später fanden der Elektriker Smith und sein Assistent May, dass das Selen der Elektricität einen geringeren Leitungswiderstand entgegensetzte, wenn es sich im Lichte befand, als wenn es von Dunkelheit umgeben war. Die Annäherung einer brennenden Kerze war schon ausreichend, eine Abweichung der Magnetnadel eines Galvanometers zu bewirken, das mit dem Selen verbunden war. Versuche zeigten, dass Lichtstrahlen das Selen so beeinflussen, dass es genau in demselben Verhältnisse die Elektricität besser leitet, in welchem die Stärke des auf das Selen fallenden Lichtes zunimmt.

Bell verfiel nun auf den Gedanken, statt eines Galvanometers ein Telephon einzuschalten, welches für elektrische Einflüsse außerordentlich empfindlich ist. Sollte jedoch eine hörbare Wirkung eintreten, so musste ein rascher Wechsel von Licht und Schatten bewerkstelligt werden, damit die Leitungsfähigkeit des Selens und somit auch die Stromstärke im Telephon sich rasch ändere, denn beim Durchgange eines ununterbrochenen constanten Stromes wird keine Wirkung hervorgebracht. Zum Behufe dieser raschen Unterbrechungen wurde eine um eine horizontale Achse drehbare, an ihrem Rande mit Löchern versehene Scheibe angewendet, auf welche man Lichtstrahlen fallen ließ. Bei der Drehung der Scheibe geht das Licht bald hindurch, bald wird es abgehalten, je nachdem sich vor den Lichtstrahlen eine Öffnung oder ein Zwischenraum befindet. Dadurch wird fortwährend die Leitungsfähigkeit des Selens geändert, somit entstehen Schwankungen des elektrischen Stromes, die mittelst des Telephons gehört werden. Je rascher der Wechsel von Licht und Schatten, desto höher der Ton.

In einem vor der Royal Institution zu London im Jahre 1878 gehaltenen Vortrage sprach Bell von der Möglichkeit, einen Schatten fallen zu hören, indem man die Wirkung des Lichtes auf Selen unterbricht.

Der Elektriker Smith machte auch wirklich bereits wenige Tage nach dem von Bell gehaltenen Vortrage der Gesellschaft der Telegraphen-Ingenieure die Mittheilung, dass er die Wirkung eines Lichtstrahles, der auf Selen fiel, durch ein Telephon gehört habe, welches mit dem Selen in einen Strom eingeschaltet war.

Solche fortgesetzte Versuche führten Bell endlich auf die großartige Idee, einem Lichtstrahle Schallwellen gleichsam aufzudrängen, damit er sie in die Entfernung trage und dort hörbar mache. Die Ausführung dieses Problems gelang ihm im Vereine mit seinem Freunde Summer Tainter. Der Apparat besteht aus zwei Haupttheilen, dem Aufgeber und dem Empfänger (Fig. 36). Jener enthält vor allem ein ebenes Spiegelchen *B* von elastisch biegsamem Stoff, am besten aus versilbertem Glimmer, auf dessen Rückseite mittelst eines kleinen Schall-

trichters die Stimme des Sprechenden gerichtet wird. Mit Hilfe einer Sammellinse *A* wird Sonnenlicht auf das Spiegelchen concentriert, von welchem die Lichtstrahlen auf eine andere Sammellinse *C* reflectiert werden, die sie parallel macht und dem Empfänger in der Ferne zuleitet. Daselbst gelangen sie auf einen parabolischen Spiegel *E* und vereinigen sich auf der im Brennpunkte befindlichen Selenzelle *D*, welche nebst einem Telephon *G* in dem Strome einer galvanischen Batterie *F* eingeschaltet ist. Wird an der Aufgabsstation gegen die Rückseite des Glimmerspiegelchens gesprochen, während Lichtstrahlen auf die Vorderseite desselben auffallen, so wird das Licht in Schwingungen zurückgeworfen, welche denen des Spiegels, also den Schallwellen entsprechen. Dadurch entstehen mittelst des Selens elek-

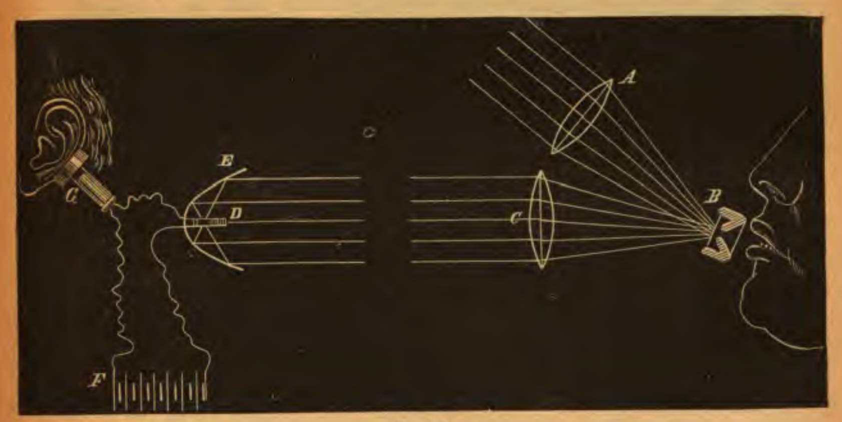


Fig. 36.

trische Schwankungen des Stromes, durch diese magnetische Schwellungen und Schwingungen des Eisenplättchens im Telephon, welche nun durch dieses gehört werden können.

Die neue Erfindung, welche durch Graham Bell gemacht wurde, besteht also darin, dass man durch ein Telephon hört, was in der Entfernung gesprochen wird, dass aber die Drahtleitung zwischen den beiden Stationen, der Aufgabe- und Empfangstation durch ein Bündel paralleler Lichtstrahlen ersetzt wird.

2. Elektrische Beleuchtung.

§. 103. Eine neue und zwar die wichtigste Periode für die praktische Verwendung des elektrischen Lichtes begann mit der Erfindung der sogenannten Theilung des elektrischen Lichtes. Bisher bestand der große Nachtheil, dass bei mehresen in einen Stromkreis eingeschalteten Lampen oder Kerzen, sobald an einer derselben eine Störung eintrat, sich dieselbe auch bei den übrigen herausstellte, ja dass bei Beschädigung einer einzigen Lampe (z. B. Bruch der Kohle) gleichzeitig sämmtliche Lampen erloschen. Es war demnach die Aufgabe zu lösen, bei Anwendung von nur einer Stromquelle für mehrere Lampen eine von der anderen in ihrer Function unabhängig zu machen und zwar dadurch, dass, wenn unter den in der Leitung befindlichen Lichtern eines erlischt und die Leitung in dem Lichtapparate unterbrochen ist, dem Hauptstrom immer noch ein anderer Zweig der Leitung offen steht, durch welchen er zu den anderen Lichtern gelangen kann.

Der Erste, der Zweigströme anwendete, um das elektrische Licht zu theilen, war de Changy in Belgien (1852). Er erzeugte Glühlicht mittelst Platinspiralen, welche an verschiedenen Stellen der Leitung eingeschaltet waren. Das Abschmelzen der Spiralen verhütete er durch eine an jeder derselben angebrachte, den Strom vertheilende Zweigleitung.

Im Jahre 1873 stellte Dr. Werner Siemens auf der Wiener Weltausstellung eine Lampe aus, welcher das Princip der Nebenschließungen des Lichtbogens zur Regulierung desselben zu Grunde lag. Auf solche Lampen hatte er bereits schon früher ein Patent genommen.

Im Jahre 1878 gelang es fast gleichzeitig Lontin, Mersanne und Fontaine in Paris, das genannte Princip zur Regulierung und zur Theilung des Lichtbogens einer einzigen Stromquelle anzuwenden. Es wurden mehrere solche Lampen in eine einzige Leitung eingeschaltet, ohne dass eine störend auf die anderen wirkte.

Im Jahre 1879 gieng endlich aus dem Laboratorium von Siemens und Halske in Berlin unter Leitung des Vorstandes von Hefner-Alteneck die Differentiallampe hervor, welche das

Problem der Theilung des elektrischen Lichtbogens in der vollkommensten Weise löste, und deshalb auch eine sehr große Verbreitung gefunden hat. Die verschiedenen neueren Apparate stellen eigentlich nur größere oder geringere Modificationen des Principes der Differentiallampe dar.

Der den Strom zur Lampe leitende Draht *L* (Fig 37) wird in zwei Theile getheilt, von denen der eine zu einer Spirale dickeren Drahtes *R*, der andere zu einer aus vielen Windungen bestehenden Spirale *T* feinen Drahtes führt, welche einen großen Widerstand darbietet. In den vertical gestellten Drahtspulen befindet sich ein weicher Eisenstab S, der in der Mitte an einem Arm eines zweiarmigen Hebels C C' befestigt ist. An dem anderen Hebelarme befindet sich der obere Kohlenhalter *A* mit der Kohle *G*, während der untere Kohlenhalter *B* mit der Kohle *H* fix ist. Von der unteren Drahtspirale führt ein Leitungsdraht mittelst des Hebels zur oberen Kohle, welche über der unteren, durch einen Draht mit der weiteren Leitung verbundenen Kohle schwebt. Die obere Spirale ist durch einen Draht direct mit der Ableitung L' in Verbindung. Sobald der Strom bei *L* eintritt, geht ein Theil durch die obere Spirale unter Umgehung der Kohlen zur Ableitung *L'*. Der zweite Stromzweig geht durch die untere Spule und durch den Lichtbogen ebenfalls zur Ableitung *L'*, in der sich beide Zweigströme wieder vereinigen.

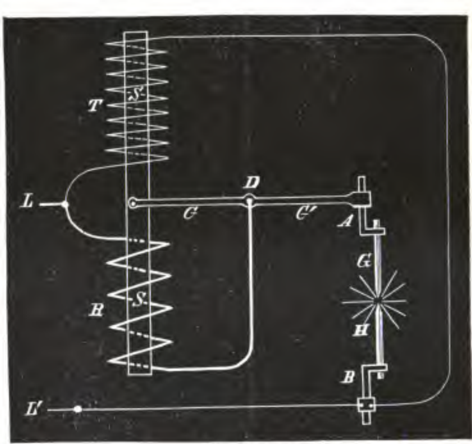


Fig. 37.

Da nun die Stromstärke in den beiden Zweigen den Widerständen in denselben umgekehrt proportional ist, so wird der Lichtbogen, da das ganze bewegliche System äquilibriert ist, bloß durch die Wirkungen der Spiralen *R* und *T*, also durch

die Differentialwirkung der beiden Zweigströme geregelt, indem die Spirale R den Eisenstab nach abwärts, die Spirale T denselben nach aufwärts zu ziehen sucht.

Da auf diese Weise durch die Kohlen immer nur ein Zweigstrom geht, so wird dadurch die Theilung des elektrischen Lichtes bewerkstelligt, denn wenn auch die Kohlen beschädigt werden sollten, so hört der Hauptstrom nicht auf, weil derselbe noch durch den oberen Leitungsdraht geschlossen bleibt, daher auch das Verlöschen einer Lampe kein Verlöschen der übrigen zur Folge hat, welche im Gegentheile wegen des durch die erloschene Lampe verminderten Widerstandes heller fortbrennen.

§. 104. Die Firma Siemens und Halske hat sich auf dem Gebiete der Elektrotechnik nach allen Richtungen hin einen Weltruf erworben und erstreckt bereits, unterstützt durch ihre Zweiggeschäfte, ihre Thätigkeit über alle Welttheile.

Der norddeutsche, aus einem alten Patricierhause stammende Gutsbesitzer und Landwirt Siemens hatte 14 Kinder, unter ihnen fünf Söhne, welche sich alle um verschiedene Zweige der Technik und Industrie Verdienste erworben haben, besonders waren es aber Ernst Werner und Carl Wilhelm, deren Namen mit glänzenden Siegen des Erfindungsgeistes der Neuzeit enge verknüpft sind.

Der älteste der Geschwister war Ernst Werner Siemens, geboren den 13. Dec. 1816 in dem Dorfe Lenthe bei Hannover. Er besuchte eine Zeit lang das Gymnasium zu Lübeck, später die Artillerie- und Ingenieurschule zu Berlin und betrieb, nachdem er 1838 Artillerie-Officier geworden war, mit größter Vorliebe das Studium der Mathematik, Physik und Chemie. Einige Jahre später nach Berlin versetzt, betheiligte er sich eifrigst an den Verhandlungen der polytechnischen und physikalischen Gesellschaft und widmete sich besonders der elektrischen Telegraphie. Er verließ 1850 den Kriegsdienst, um sich nun ganz der bereits 1847 im Vereine mit dem Mechaniker Halske gegründeten Telegraphenanstalt zu widmen. Seine Leistungen sind nicht nur, was ihre Zahl, sondern auch ihren Wert betrifft, großartig.

Schon im Jahre 1841 hatte er in Preußen das erste Patent auf galvanische Vergoldung und Versilberung genommen. Im Jahre 1846 construierte er einen Zeigertelegraphen mit Selbstunterbrechung und stellte in demselben Jahre Versuche mit unterirdischen Leitungen an, bei denen er Guttapercha als Isolationsmittel verwendete, und die Kabel zwei Fuß tief unter der Erde fortleitete. Zwei Jahre später leitete er bereits den Bau der unterirdischen Telegraphenlinien von Berlin nach Frankfurt a. M. und Köln. [384])

Auch legte Werner Siemens 1848 im Hafen von Kiel die ersten unterirdischen Minen mit elektrischer Zündung und baute die 1849 berühmt gewordenen Batterien zum Schutze des Hafens von Eckernförde.

Er entwickelte aus dem Principe des Zeigertelegraphen mit synchronischer Bewegung den Typendrucker (1850). Ihm verdanken die magnetelektrischen Maschinen eine große Verbesserung durch Einführung des Cylinderinductors (1856), und schon vor Erfindung desselben hatte er eine magnetelektrische Maschine gebaut, die 1855 in London in der Industrieausstellung zu sehen war; diese lieferte starke Ströme für telegraphische Zwecke und sollte zugleich das Problem der Kraftübertragung lösen.

Er stellte die nach ihm benannte Widerstandseinheit für elektrische Ströme auf (1860) und verbesserte den von Eisenlohr construierten Rheostaten (1860).

Ihm verdankt man auch die Erfindung der Dynamomaschinen (1866). Im Jahre 1879 zeigte er auf der Gewerbeausstellung zu Berlin zum ersten Male die großartigste Ausführung einer Kraftübertragung in der elektrischen Eisenbahn, und 1880 construierte er die erste Wechselstrommaschine. Er erwarb sich große Verdienste um die Translation, Doppeltelegraphie, Telephonie, Theilung des elektrischen Lichtes u. a. m.

Carl Wilhelm Siemens, geboren in Lenthe am 4. April 1823 war der zweitälteste unter den fünf Brüdern. Er besuchte zuerst das Gymnasium in Lübeck, dann die höhere Gewerbeschule in Magdeburg und widmete sich hierauf in Göttingen (1841—42) dem Studium der Naturwissenschaften,

vorzüglich der Physik und Chemie. Nachdem er sich in der gräflich Stollberg'schen Maschinenfabrik mit den Forderungen der technischen Praxis vertraut gemacht, wurde er im Jahre 1843 von seinem Bruder Werner nach England geschickt, um dort einige von diesem gemachte Erfindungen patentieren zu lassen. Er ließ sich in der Folge in London als Civilingenieur nieder. Hier eröffnete sich dem jungen Manne ein weites fruchtbares Feld für seinen rastlosen Schaffenstrieb. Als die folgenreichste seiner praktisch-wissenschaftlichen Unternehmungen müssen wir besonders die Anwendung der von ihm und seinem Bruder Friedrich (geb. 8. Dec. 1826), seinem bisherigen Assistenten, construierten Regenerativgasöfen für die Eisen- und Stahlgewinnung hervorheben.

Vom Jahre 1858 bis zu seinem am 20. November 1883 erfolgten Tode hat er die Londoner Filiale der Berliner technischen Anstalt seines Bruders Werner geleitet, und aus der von ihm in Woolwich errichteten Kabelfabrik gieng eine große Anzahl der wichtigsten unterseeischen Kabel hervor, auch jenes, welches direct Irland mit den vereinigten Staaten verbindet. Dass er auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und Kraftübertragung Bedeutendes geleistet, ist wohl allgemein bekannt. Wir werden noch Gelegenheit finden, auf verschiedene praktische Erfolge dieses gründlichen Forschers und Praktikers zurückzukommen.

Man kann wohl sagen, dass sämmtliche Brüder Siemens die Devise ihres Hauses: „durch Energie zum Erfolg“ gerechtfertigt haben.

§. 105. Es lag wohl nahe, die Frage aufzuwerfen, ob die Wirkungen des Sonnenlichtes nicht zum großen Theile wenigstens durch ein anderes Licht ersetzt werden könnten. Vorzüglich gilt dies bezüglich des elektrischen Lichtes, welches zu einer bedeutenden Intensität gesteigert werden kann und sehr reich an chemisch wirkenden Strahlen ist. Wilhelm Siemens unternahm es, durch verschiedene Versuche die Frage zu lösen, und legte die Resultate seiner Untersuchungen bereits am 1. März 1880 der Royal Society in London vor. Im September 1881 hielt er in der British Association einen Vortrag über

diesen Gegenstand und theilte seine bis zum Mai desselben Jahres gemachten Erfahrungen mit.

Die Versuche von Siemens sind höchst interessant. Er brachte im Innern eines Treibhauses eine elektrische Lampe an und setzte eine Gruppe von Pflanzen elf Stunden der Nacht dem elektrischen Lichte aus, worauf sie die übrige Zeit des Tages im Dunkeln gehalten wurden. Eine zweite Pflanzengruppe wurde bloß dem Tageslichte ausgesetzt, eine dritte stand abwechselnd unter dem Einflusse des elektrischen und des Tageslichtes, ohne einen Wechsel mit Dunkelheit zu erhalten, eine vierte Gruppe wurde immer im Dunkeln gehalten. Die verwendeten Pflanzen gehörten zu den rasch keimenden und befanden sich in Blumentöpfen. Wie zu erwarten stand, zeigten sich die im Dunkeln gehaltenen Pflanzen fahl und die meisten starben bald ab. Die dem elektrischen Lichte ausgesetzten hatten hellgrüne Blätter und waren lebenskräftig. Die abwechselnd dem elektrischen und dem Tageslichte ausgesetzten waren nach Siemens am kräftigsten und hatten das schönste Blattgrün, woraus er folgerte, dass zum Gedeihen wenigstens gewisser Pflanzen ein Wechsel von Helle und Dunkelheit nicht nothwendig sei. Besonders hervorzuheben sind zwei höchst interessante Versuche, nämlich dass Tulpenknospen, welche dem elektrischen Lichte ausgesetzt wurden, sich nach Verlauf von zwei Stunden vollständig aufschlossen, und dass eine aus dem Dunkeln in das elektrische Licht gebrachte Akazie ihre Blüten langsam öffnete.

Die im Jahre 1881 von Siemens angestellten Versuche wurden in großem Maßstabe ausgeführt. Sein dazu verwendetes Licht hatte eine Lichtstärke von 4000 Kerzen, und wurde von 6 Uhr abends bis zum Sonnenaufgange unterhalten. Als Versuchspflanzen benützte er Erbsen, Weizen, Gerste, Hafer, Erdbeeren, Himbeeren, Blumenkohl, Weinreben, Rosen, Azaleen, Rhododendron. Dabei stellte sich das merkwürdige Resultat heraus, dass jene Pflanzen, welche freiem elektrischen Lichte ausgesetzt wurden, verkümmerten, während andere, welche durch ein von einer Glaslaterne umhülltes elektrisches Licht bestrahlt wurden, überraschend gediehen.

Man erklärt diese Erscheinung gegenwärtig fast allgemein durch die im elektrischen Lichte reichlich enthaltenen ultravioletten (unsichtbaren) Strahlen, welche die nachtheiligen Wirkungen auf die Pflanzenzellen üben sollen, jedoch vom farblosen Glase absorbiert und somit unschädlich gemacht, während die eigentlich leuchtenden Strahlen so gut wie gar nicht absorbiert werden. Einer der auffallendsten Versuche von Siemens in dieser Beziehung war folgender: Er stellte eine farblose Glastafel so vor das Licht, dass die durchgehenden Strahlen nur einen Theil einer Pflanze trafen, während auf den anderen Theil der Pflanze unmittelbar Strahlen auffielen. Schon im Laufe einer Nacht war eine deutliche Grenzlinie auf den so bestrahlten Blättern sichtbar.

Die Resultate aller Versuche ergaben im Ganzen, dass elektrisches Licht, wenn es durch farbloses Glas geleitet wird, sehr günstig auf das Pflanzenleben einwirkt. Siemens sprach sogar die Hoffnung aus, „dass das elektrische Licht geeignet wäre, die Sonnenthätigkeit zu unterstützen, um solche Pflanzen zur Reife zu bringen, für welche die Dauer der Sonnenwirkung hierzu oft nicht ausreicht."

§. 106. In neuester Zeit beginnt man der Verwendung des elektrischen Lichtes im Eisenbahndienste immer mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Vortheile der Anbringung einer intensiven Lichtquelle an Locomotiven für die Verkehrssicherheit bei Nacht sind unberechenbar. Brückeneinstürze, Bergabrutschungen, Hindernisse auf den Schienen werden weit seltener Katastrophen herbeiführen können, wenn der Bahnkörper auf eine weite Strecke vor der Locomotive erleuchtet wird. Eine elektrische Locomotivlampe ist aber auch das sicherste Signal beim Herannahen eines Zuges, denn es geht vom Zuge selbst aus, es kann nie falsch sein und ist auf mehrere Kilometer Entfernung vom Standpunkte des Beobachters sichtbar. Solche Erwägungen führten zu Bestrebungen, welche erst in neuester Zeit von Erfolg gekrönt waren.

Die „Locomotivsonne," d. i. eine elektrische Lampe auf der fahrenden Maschine, ist eine österreichische Erfindung, und zwar des Ingenieurs der Kronprinz Rudolfsbahn, S e d l a c z e k,

unter Beihilfe des Dr. Wikulill zu Leoben in Steiermark. Sie hat nicht nur auf der Elektricitätsausstellung in Paris berechtigtes Aufsehen erregt, sondern wurde auch von den bedeutendsten Fachblättern des In- und Auslandes höchst günstig beurtheilt und wurden bereits auf Veranlassung mehrerer Regierungen und Eisenbahngesellschaften in Österrreich, Deutschland, Frankreich und Russland mit derselben Versuche angestellt, welche von dem besten Erfolge begleitet waren. Bisher scheiterten ähnliche Versuche an den Stößen, welche auf nicht zu vermeidende Weise die Maschine bei der Fahrt auf den Lampenregulator übt. Alle diesbezüglichen Versuche endigten durch lange Zeit resultatlos. Nach sechsjährigen Bemühungen ist es nun den beiden Erfindern, Sedlaczek und Wikulill und dem Constructeur, Sigmund Schuckert in Nürnberg, gelungen, einen Beleuchtungsapparat herzustellen, welcher den Oscillationen und Stößen der Locomotive ausgezeichnet Widerstand leistet.

Die elektrische Lampe besteht aus zwei verticalen, mit einander in Verbindung stehenden Röhren ungleichen Durchmessers, welche mit einer Flüssigkeit (Öl, Glycerin) gefüllt sind, und in welchen sich dichtschließende Kolben befinden, die auf der Flüssigkeit ruhen und die beiden Kohlenhalter tragen, so dass die Kohlenstäbe die Bewegung der Kolben mitmachen. Die Durchmesser der beiden röhrenartigen Gefäße sind so gewählt, dass der Kolben mit der positiv-elektrischen Kohle den doppelten Weg zurücklegt, als der Kolben mit der negativ-elektrischen Kohle; sie stehen daher im Verhältnisse von 1 : 2, welches den Kohlenabnützungen bei constantem Strome entspricht. Der Kolben mit positiver Kohle ist der schwerere, drückt auf die Flüssigkeit und hebt den Kolben mit negativer Kohle, bis die Kohlen sich berühren. In diesem Augenblicke wird der Strom in der Lampe geschlossen und dadurch zieht ein Elektromagnet einen kleinen, am unteren Theile des Communicationsgefäßes an der Seite befindlichen Kolben etwas heraus, wodurch der Kolben mit negativer Kohle sich senkt, weil der Raum unter demselben vergrößert wird und dadurch wird der Lichtbogen gebildet. Die positive Kohle ändert dabei ihre Stellung nicht, weil durch die Bewegung des kleinen

Seitenkolbens zugleich die Verbindung zwischen den beiden communicierenden Röhren unterbrochen wird. Wenn sich nun durch Abbrennen der Kohlen der Abstand der Kohlenspitzen vergrößert, somit der Elektromagnet an Kraft verliert, so wird der kleine Seitenkolben mittelst einer Feder wieder nach einwärts gedrückt, dadurch die Verbindung zwischen den beiden Röhren wieder hergestellt, infolge dessen die Kohlenspitzen sich einander wieder nähern. Der kleine Kolben, der durch seine Bewegung den Negativkolben immer um jene Länge sinken macht, welche für die Entwickelung des Volta'schen Bogens erforderlich ist, bildet demnach mit dem Elektromagnet einen wahren Regulator der Lampe und sichert bei Abnützung der Kohlen die constante Länge des Lichtbogens. Die Erfinder haben jedoch eine Art der Regulierung des Lichtbogens erdacht, welche direct durch die Umdrehung der Maschinen selbst besorgt wird, in deren Auseinandersetzung wir hier nicht näher eingehen können.

Der elektrische Strom wird durch eine dynamoelektrische Maschine erzeugt, welche mit einer kleinen dreicylindrigen Dampfmaschine direct verbunden ist. Letztere wird durch ein separates Dampfrohr aus dem Kessel der Locomotive gespeist. Die dynamoelektrische Maschine kann sammt ihrem Antriebsmotor auf der Plattform der Locomotive montiert werden. Die Lampe besitzt einen Reflector, dem die entsprechende Neigung gegeben werden kann.

In unmittelbarer Nähe der Locomotive (sowohl vor derselben, als auch auf den Seiten) lässt das intensive Licht die kleinsten Gegenstände sowohl der Bahn als auch der Einfriedungen genau erkennen. Auf eine Entfernung von 25 Meter sind die geringsten Unebenheiten des Bodens genau sichtbar. Das Geleise ist gewöhnlich auf eine Entfernung von 250 Meter, Überbrückungen, Wächterhäuschen u. s. w. auf beiläufig 500—600 Meter sichtbar. Nach Berichten der französischen Nordbahn war der Lichtkegel auf eine Entfernung von 5 Kilometer sichtbar. Die Weichensteller selbst sagen, die Beleuchtung sei derart, dass sie ihnen gestatte, die Stellung der Weiche auf größere Entfernung zu sehen.

Die beschriebene elektrische Lampe befindet sich über der Rauchkammerthüre der Locomotive und kann vom Führerstande aus gedreht werden, um die Lichtstrahlen auf beliebige Punkte lenken zu können.

Sehr instructive Abbildungen dieser elektrischen Lampe findet der Leser unter anderem in dem Wiener Centralblatte für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt und in der Züricher Zeitschrift für Bau- und Verkehrswesen (1882).

Das „Journal des Débats" vom März 1882 schreibt: „Am Mittwoch abends fand ein Versuch auf der Nordbahn zwischen Paris und Damartin mit einer elektrischen Locomotivbeleuchtung statt. Die Lampe, Patent Sedlaczek-Wikulill, bietet die wertvollsten Vorzüge. Die Stöße der Locomotive, selbst bei der größten Schnelligkeit, verändern weder die Ruhe noch den Glanz des Lichtes etc.

Die „Liberté" berichtet über einen zweiten Erfolg und sagt: „Der Erfolg war vollkommen. Die Sonnenlocomotive durchlief 70 Kilometer mit den verschiedensten Geschwindigkeiten, ohne dass die Stöße und Schwingungen in irgend einer Weise die Regelmäßigkeit des Lichtes verändern konnten." Ebenso spricht sich die „Revue Industrielle" äußerst günstig über dieses Beleuchtungssystem aus.

Alle bisherigen Versuche ergaben als Resultate, dass die Lampe Sedlaczek bei der gewöhnlichen Eilzugsgeschwindigkeit nicht erlischt, dass das elektrische Licht in keiner Weise die Sichtbarkeit oder die Farben der Signale beeinträchtigt und dass die Führer der entgegenkommenden Züge nur dann geblendet wurden, wenn sie beharrlich in das Licht blickten. Übrigens würde sich dieser blendende Effect für sie nicht in einem Grade zeigen, der die Wahrnehmung der Laternsignale und selbst der dunklen Gegenstände stören könnte, wenn ihre Locomotive selbst mit dem elektrischen Lichte versehen wäre.

Nach solchen hervorragenden Vorzügen des Systems Sedlaczek sind wir der festen Überzeugung, dass diese Lampe nicht nur bei Eisenbahnen, sondern auch auf Schiffen eine große Verbreitung finden wird. Beleuchtungsanlagen auf Schiffen sind in neuester Zeit von Siemens, Brothers und Comp. in London ausgeführt worden.

§. 107. Den Beginn der Versuche mit Glühlicht versetzen einige bereits in die Mitte des vorigen Jahrhundertes. Allerdings ist es Thatsache, dass schon Kinnersley, welcher 1761 die Einwirkung der elektrischen Funkenentladung auf die Luft an seinem elektrischen Luftthermometer beobachtet hatte, einen Versuch mit einer gespannten dünnen Harfenseite von 24 Zoll Länge machte, welche in Folge der Entladung erglühte, ferner hatte schon Franklin das Glühen von Drähten bei starker Entladung beobachtet und Marum brachte mit seiner großen Maschine einen 18 Fuß langen Eisendraht zum Glühen und empfahl bereits für Glühversuche als bestes Material das Platin, dennoch konnte erst von einer Glühlichtlampe gesprochen werden, als 1841 der Engländer Moleyns in einem luftleer gemachten Glasballon eine Platinspirale zum Glühen brachte und um ihr Licht zu verstärken, langsam fein pulverisierten Kohlenstaub auf den glühenden Draht fallen ließ.

Im Jahre 1845 stellte der von Amerika herüber gekommene Elektriker Starr in London mit einer Glühlampe höchst gelungene Versuche an, welchen auch Faraday beiwohnte. Die Lampe bestand aus einem luftleer gemachten Glaskolben, in welchem sich zwischen metallischen Zuleitern ein dünnes Stäbchen Retortenkohle befand, welches durch einen starken Strom zur Weißglut erhitzt wurde. Er stellte in London 26 solche Lampen zu einem Candelaber zusammen, welche durch ihr schönes Licht einen großartigen Effect erzielten.

Da jedoch selbst im luftleeren Raume wegen der in der Kohle enthaltenen Lufttheilchen eine Verbrennung eintreten und das Stäbchen zerstört werden musste, so kehrte man wieder zu Metallspiralen zurück, verwendete aber hiezu nicht wieder Platin, sondern nach Petrie das schwerer schmelzbare Iridium, was aber erstlich zu kostspielig war, zudem bei einer höheren Temperatur auch schmolz.

Deshalb erfand 1858 Changy einen Regulator der Stromstärke, der die Lampe etwas früher ausschaltete, als der Strom eine solche Stärke erreicht hatte, dass die Platinspirale schmolz.

Auch Edison hatte bei seiner ersten Lampe, welche aus einer im luftleeren Raume glühenden Platinspirale bestand, einen

sinnreich erdachten Regulator angewendet (1878), aber weder Changy's noch Edison's Regulator bewährten sich in der Praxis.

Man hatte zum großen Theile wieder zur Retortenkohle gegriffen, da trafen pomphafte Ankündigungen amerikanischer Journale in Europa ein, Edison habe eine epochemachende Erfindung gemacht.

Edison gebrauchte nämlich statt der Retortenkohle eine aus Kartonpapier unter starkem Drucke und sorgfältiger Vermeidung von Verbrennung hergestellte, die Form eines Hufeisens besitzende Papierkohle, welche an Platindrähten in einem kleinen luftleeren Glasballon befestigt, nach den Zeitungsberichten ein ruhiges weißes Licht ausstrahlte, ohne verzehrt zu werden, sobald ein kräftiger elektrischer Strom durch den Kohlenstreifen geleitet wurde. Aber die nach Europa gebrachten Lampen bewährten sich nicht; nach kurzem Gebrauche war der größte Theil solcher Lampen durch Verbrennen der Kohle unbrauchbar geworden. Bald brachten die Zeitungen die Mittheilung, dass Edison große Schwierigkeiten finde, seine Lampen luftdicht zu erhalten, und dass daher die Anfertigung derselben eingestellt sei.

Hierauf versuchten viele Elektrotechniker, eine dauerhafte Glühlampe herzustellen. Wir wollen hier nur einige erwähnen und zwar solche, welche mit Erfolg gearbeitet haben.

Swan in England verwendet eine Kohle aus Baumwollgarn, welches mit verdünnter Schwefelsäure behandelt und dann mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen imprägniert wird, um die Leuchtkraft zu erhöhen. Er gibt diesem Kohlenbügel in der Mitte eine spiralförmige Schlinge um die Gesammtlänge und damit den Widerstand und die leuchtende Fläche des Kohlenbügels zu vergrößern. Zugleich wird dadurch bewirkt, dass die Lichtausstrahlung nach allen Seiten möglichst gleich stark erfolgt.

Müller verwendet einen mehrfach schraubenförmig gedrehten Kohlenbügel und ermöglicht durch Einsetzen desselben in einen konischen Glasstöpsel seine spätere Erneuerung ohne Zertrümmerung der Glaskugel.

Auch Edison gieng zum Baumwollfaden über, den er mit Lampenruß und Theer einrieb. In letzter Zeit gebrauchte er Kohle aus Baumbusrohrfaser.

Maxim benutzt bei seiner Lampe einen M-förmig gebogenen Kohlenbügel, den er nicht im luftverdünnten, sondern in einem mit Kohlenwasserstoffgas gefüllten Raume glühen lässt, damit die glühende Kohle durch die bei hoher Temperatur eintretende Absonderung von Kohlentheilchen aus dem Gase regeneriert werde. Da sich aber diese Theilchen auch auf der inneren Wand der Glaskugel niederschlagen, so machen sie dieselbe trübe.

Durch die genannten und andere Glühlichtlampen wurden die 1878 von Regnier, Werdermann, Marcus u. a. construierten Glühlichtlampen mit unvollkommenem Contacte verdrängt. Bei denselben ist der eine Pol mit einer rotierenden Kohlenscheibe verbunden, während der andere Pol mit einem dünnen Kohlenstäbchen versehen ist, welches gegen den Umfang dieser Scheibe gedrückt wird. Das Kohlenstäbchen geräth in lebhaftes Glühen, und da es an der Luft allmählich verbrennt, so muss es durch einen einfachen Apparat beständig nachgeschoben werden.

Da Glühlichtlampen sich den Bogenlichtlampen gegenüber hauptsächlich durch ein mildes, dem Auge weit angenehmeres Licht auszeichnen, so werden sie vorzüglich zur Beleuchtung von Wohnräumen, Theatern, Concertsälen etc. verwendet, während die Bogenlichtlampen wegen ihres intensiven Lichtes mehr zur Beleuchtung von öffentlichen Plätzen, Straßen u. s. w. dienen. [385])

3. Elektrische Kraftübertragung.

§. 108. Die Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrotechnik sind so überraschend, dass sie nur mit Mühe nach allen Richtungen verfolgt werden können. Deshalb sind bloß die hervorragendsten und ins praktische Leben eingreifenden Erfindungen auf diesem Gebiete imstande, die Aufmerksamkeit des großen Publicums zu erregen. Zu diesen Anwendungen der Elektricität gehört in neuester Zeit die Verwendung der Elektricität zum Betriebe stationärer Maschinen und in den letzten Jahren auch bei Locomobilen.

Das Verfahren, mittelst elektromagnetischer Maschinen eine Arbeit zu leisten, wobei man eine galvanische Batterie gebrauchte,

hat man bald großentheils aufgegeben. Man wandte sich zu den magnetoelektrischen Apparaten, bei welchen der elektrische Strom durch ein permanentes magnetisches Magazin erzeugt wird. In neuester Zeit verwendet man dazu dynamoelektrische Maschinen.

Diese Maschinen, welche eine Umwandlung von Arbeitskraft in einen elektrischen Strom bewirken, können auch umgekehrt dazu dienen, einen elektrischen Strom in Arbeitskraft umzuwandeln. Letztere Thatsache kann nun zur Übertragung von Arbeit auf eine größere Entfernung mittelst des elektrischen Stromes verwendet werden.

Durch irgend einen mechanischen Motor (eine Dampfmaschine, Wasserkraft mit Wasserrad, Gaskraftmaschine u. s. w.) von einigen Pferdekräften wird eine dynamoelektrische Maschine in Thätigkeit gesetzt und dadurch ein elektrischer Strom von großer Stärke erzeugt, welcher nun durch Leitungsdrähte zu dem entfernten Orte geführt und dazu benützt wird, um dort eine ähnliche dynamoelektrische Maschine in Bewegung zu setzen und die Arbeit dieser letzteren zu irgend einem Zwecke zu verwenden. In allen Fällen sind demnach zur Fortpflanzung mechanischer Arbeit mittelst des elektrischen Stromes drei Maschinen nöthig: 1. die Anfangsmaschine, das ist ein mechanischer Motor; 2. die Zwischenmaschine, eine dynamoelektrische, welche den Strom erzeugt; 3. die Endmaschine, ebenfalls eine dynamoelektrische, welche die Elektricität wieder in mechanische Arbeit umsetzt.

Schon im Jahre 1877 wurde in Nürnberg folgender Versuch gemacht: Im zweiten Stocke einer Mühle wurde eine dynamoelektrische Maschine durch Wasserkraft in Bewegung gesetzt. Die hierdurch erzeugte Elektricität wurde mittelst Kupferdrähten von circa 120 Meter Länge in das Erdgeschoss geleitet, wo sie eine zweite ähnliche Maschine in Umdrehung brachte. Von dieser zweiten Maschine wurde durch Riemenübertragung eine Pumpe in Thätigkeit gesetzt, die Wasser aus der Pegnitz pumpte. Es ist bis zum Augenblicke allerdings nicht möglich, eine Arbeitskraft ganz in Elektricität umzuwandeln und ebenso wenig gelingt es, die in einem Strome

gegebene Elektricität ganz in Arbeit umzusetzen. Dieser Verlust rührt hauptsächlich davon her, dass außer der Elektricität im ersten Falle und der Arbeit im zweiten Falle noch eine größere oder geringere Menge Wärme entsteht.

Bei einem Versuche in Paris 1877 wurde eine Gramme'sche Maschine durch eine Kraft von 75 Meter-Kilogramm (einer Pferdekraft) getrieben und die zweite vollbrachte eine Arbeit von nur 39 Meter-Kilogramm. Man ist allerdings darin bedeutend vorgeschritten. Mit den gegenwärtigen Maschinen und Einrichtungen erreicht man meist 50 Percent der von der Betriebsmaschine gelieferten Arbeit.

Die übertragbare Nutzarbeit wurde aber auch schon bei größerer Rotationsgeschwindigkeit auf 60 Percent gebracht, und nach den neuesten Versuchen von Siemens lässt sich erwarten, dass die Kraftübertragung auf 70 Percent und mehr gebracht werden könne. Welcher Gewinn lässt sich aus dieser Übertragung von Kraft durch den elektrischen Strom für die Zukunft erhoffen! Man denke nur an die Arbeitskraft der Flüsse und der zahllosen Gebirgsbäche mit ihrem starken Gefälle. Prof. Reis sagt in seiner Abhandlung über neue elektrische Maschinen: „Große dynamoelektrische Maschinen könnten jene brachliegenden Arbeitsvorräthe in Elektricität verwandeln, welche durch Kupferdrahtseile in die Städte und Orte zu führen wäre, um dort in allen Häusern Licht, Wärme und durch kleine elektromagnetiche Maschinen Arbeit zu erzeugen. So phantastisch diese Gedanken erscheinen mögen, so einfach ist die Ausführung derselben.“ W. Siemens, der sich seit 1876 mit diesem Gegenstande beschäftigte, berechnete, dass allein der Niagarafall eine Arbeitskraft enthält, welche nahezu 17 Millionen Pferdekräften gleichzusetzen ist. Auf seinem Wohnsitz Redhill benutzte er das Gefälle eines 0·4 Kilometer entfernten Stromes zum Betriebe eines Wasserrades, dessen Kraft er mittelst elektrischer Transmission für die Bewegung von Häckselschneidemaschinen, Waschmaschinen etc. und bei Nacht für die Beleuchtung des Wohngebäudes nutzbar machte.

Handelt es sich um die Fortpflanzung von sehr großen Arbeiten auf große Entfernungen, so ist ein sehr starker elek-

trischer Strom nothwendig, welcher in einem Stromleiter von gewöhnlicher Dicke ungemein viel Wärme erzeugt, was als Arbeitsverlust anzusehen ist. Man muss daher, um den Widerstand des Leiters und somit die Wärme zu vermindern, einen sehr gut leitenden Stoff, also Kupfer, als Leiter wählen und demselben einen verhältnismäßig großen Querschnitt geben.

Wir wollen nur einige von den verschiedenen in den letzten Jahren gemachten Anwendungen dieser Erfindung kurz anführen. Im Jahre 1878 wurde auf diese Weise durch den Ingenieur Cadiat eine galvanoplastische Maschine von einer 150 Meter davon entfernten mechanischen Werkstätte aus in Gang erhalten. In demselben Jahre verwendeten Chretien und Felix in der Zuckerfabrik zu Sermaize (Département de Marne) eine Gramme'sche Lichtmaschine zur Nachtzeit zur Beleuchtung der Fabriksräume, bei Tage zum Ausladen der Zuckerrüben aus den Schiffen. Dieselbe Firma versuchte 1879 auch mittelst Kraftübertragung ein Feld in der Nähe der Fabrik von Sermaize umzupflügen. In Greenwich liefert in der durch Wasserkraft betriebenen chemischen Fabrik von Shaw ein benachbarter Wasserfall die Kraft zum Betriebe einer Kreissäge, einer Drehbank und einer Verticalbohrmaschine. Durch den Wasserfall wird nämlich eine Turbine und durch dieselbe eine Dynamomaschine in Bewegung gesetzt, welche letztere einen elektrischen Strom erzeugt. Dieser gelangt durch Kupferdrähte zu einer 137 Meter entfernten zweiten Dynamomaschine, bringt diese in Thätigkeit, wobei mittelst Riemen die Kraft derselben auf die erwähnten Werkzeugmaschinen übertragen wird.

Die interessanteste Anwendung der Kraftübertragung durch Elektricität ist aber unstreitig die elektrische Eisenbahn. Eine solche war auf der Gewerbe-Ausstellung 1879 in Berlin von Siemens aufgestellt worden und war auch im Jahre 1880 auf der Gewerbe-Ausstellung in Wien zu sehen. Die Berliner bestand aus einer 300 Meter langen in sich selbst geschlossenen schmalspurigen Schienenbahn, auf welcher eine einen Meter lange Locomotive drei kleine Personenwagen mit 18—24 Personen in ein bis zwei Minuten über die ganze Kreisbahn beförderte. Die elektrische Eisenbahn bestand nämlich nach Siemens aus drei

mit einander parallel laufenden Schienen nach Art unserer Eisenbahnschienen, von denen die mittlere aber höher und flacher als die äußeren und isoliert gelegen war. Die Locomotive war eine elektrodynamische Maschine, welche mittelst schleifender Contactbürsten mit der isolierten Mittelschiene und durch die Räder mit den äußeren Schienen in leitender Verbindung stand. In dieser Locomotive wird aber nicht wie bei den Dampfeisenbahnen die bewegende Kraft selbst erzeugt, sie ist nur eine stromempfangende Maschine.

Der Stromgeber ist ebenfalls eine elektrodynamische Maschine, bleibt aber an einer Stelle und wird durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Die Übertragung geschieht nun mittelst des dadurch erzeugten elektrischen Stromes, indem die mittlere isolierte Schiene als Zuleitungsschiene, die äußeren Laufschienen aber als Rückleitungen für den elektrischen Strom dienen. Man hat auch bereits Versuche gemacht, ohne Zwischenschiene die eine Laufschiene als Zuleitung, die andere als Rückleitung zu benützen. Sobald der Stromkreis bei der von Siemens aufgestellten Eisenbahn geschlossen und die stromgebende Maschine mit etwa 600 bis 700 Umdrehungen in der Minute continuierlich gedreht wurde, setzte sich die Locomotive mit großer Kraft in Bewegung.

In der Sitzung des elektrotechnischen Vereines vom 27. Jänner 1880 in Berlin sprach sich Dr. Werner Siemens dahin aus, dass nach seiner Überzeugung die elektrische Locomotive der Dampflocomotive auf den großen Verkehrsadern unserer Zeit die Alleinherrschaft nicht werde streitig machen können, dass sie aber dazu dienen werde, um auch steilere Ansteigungen als bisher zulässig waren, noch überwinden zu können, ferner sei sie ganz geeignet zum Betriebe kleiner Bahnen, wie bei Ausstellungen, Arbeitsplätzen, ferner bei Hochbahnen in den Städten, ähnlich den "elevated railroads" in New-York, endlich bei der schnellen Beförderung von Postgütern, namentlich der Correspondenz, durch schmalspurige bedeckte Bahnen. Gegenwärtig ist bereits eine größere Anzahl solcher Bahnen theils dem Betriebe übergeben, theils projectiert. Die Revue industrielle vom Jahre 1883 gab die Gesammtlänge der in Europa und

Amerika fertigen elektrischen Eisenbahnen mit 160 Kilometer an. Unter diesen befinden sich die Linie Lichterfelde bei Berlin nach der Cadettenanstalt, gebaut von Siemens & Halske (eröffnet 1881), dann die Linie von Charlottenburg nach dem Spandauer Bock, dann eine elektrische Bahn in Nord-Irland vom Hafen Bush nach den gleichnamigen Fabriksanlagen, endlich eine in den Niederlanden von Zandvoort nach Kostverlorn.

Seitdem hat sich diese Zahl bedeutend vermehrt. In der erwähnten Revue war auch eine Reihe von damals bereits im Baue begriffenen oder concessionierten elektrischen Bahnen angeführt.

Wir erwähnen nur die Verbindungslinie der österreichischen Südbahnstation Mödling nach der Brühl, eine sächsische Verbindungsbahn für die königl. Bergwerksanlagen bei Zankerode, eine elektrische Omnibusverbindung zwischen Turin und Mailand, zwei unterirdische Bahnen in England, deren eine unter dem Bett der Themse durchläuft.

Es ist selbstverständlich, dass bei längeren Bahnen von Strecke zu Strecke neue primäre Dynamomaschinen aufgestellt werden müssten. In New-York und anderen amerikanischen Städten werden die auf Säulen erbauten Schienenbahnen mit den schweren Dampflocomotiven befahren. Der Betrieb solcher Bahnen würde mit den viel leichteren Dynamomaschinen eine größere Sicherheit gewähren. Auch haben elektrische Eisenbahnen und Tramways nicht Feuer und Rauch als lästige Begleiter, was namentlich in Städten und in Tunnels von großem Vortheile ist. [336])

Nach so großartigen Erfolgen, welche in allen Theilen der Elektricitätslehre, wie uns die Geschichte dieses Zweiges der Physik zeigt, erreicht worden sind, sind wir wohl berechtigt, von der Zukunft noch bisher ungeahnte Errungenschaften zu erhoffen. Die Forschungen auf diesem Gebiete sind lange noch nicht abgeschlossen, wie überhaupt in den Naturwissenschaften von einem Abschlusse keine Rede sein kann.

Wir werden noch gar viele Aufgaben der Zukunft überlassen müssen. Auch sie muss das ihrige für den Fortschritt des Menschengeschlechtes leisten und sie wird es! — Dem echten Erfindungsgeiste wird oft noch das unmöglich Scheinende möglich werden, denn wenn irgendwo, so gilt für das Reich der Naturwissenschaft das ermuthigende Dichterwort:

Mit dem Genius steht die Natur im ewigen Bunde,
Was der eine verspricht, leistet die andre gewiss.

Anmerkungen.

[1]) De lapidibus. Caput 53.

[2]) Plinius, Hist. nat. XXXVII. cap. 3. Strabo geogr. XV. Dioscorides II. cap. 100. Plutarch Sympos. I. quaest. 7.

[3]) De magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete tellure, physiologia nova. London 1600.

[4]) De magnete, pag. 48.

[5]) De magnete, pag. 52.

[6]) Sie veröffentlichten ein Werk unter dem Titel: Tentamina florentina.

[7]) Secondat's history of electricity, p. 141.

[8]) Guerike, Experimenta magdeburgica. libr. IV. cap. 15. Amsterdam 1672.

[9]) Fischer, Geschichte der Physik. III., p. 429.

[10]) Philosoph. transactions. Vol. 4., p. 275.

[11]) Physico-mechanical Experiments.

[12]) Philosoph. transactions. Vol. VIII., p. 395.

[13]) Priestley, I. c. p. 46. Leçons de Physique Vol. VI., p. 408.

[14]) Gralath, Geschichte I. Abschnitt, S. 216.

[15]) Philosoph. transactions. Vol. VII., p. 15.

[16]) Seine Arbeiten findet man größtentheils in den Memoiren der Akademie zu Paris, in den Jahren 1733, 34 und 37.

[17]) Philosoph. transactions. Vol. VIII., p. 395.

[18]) Philosoph. transactions. Vol. VIII., p. 397.

[19]) Priestley, Geschichte der Elektricität, S. 42.

[20]) Fischer, Geschichte der Physik, 5. Band, p. 474.

[21]) Gralath, Geschichte. I. Thl., S. 278. f.

[22]) Histoire de l'électricité, S. 27.

[23]) Philosoph. transactions. Vol. X., p. 271.

[24]) Gralath, Geschichte. II. Thl., S. 438.

[25]) Seine Aufsätze über Elektricität findet man in den Philosoph. transactions. Vol. 47.

[26]) Van Marum, Abhandlung über das Elektrisieren. Aus dem Holländischen übersetzt von Möller. Gotha 1777.

[27]) 2 Theile Quecksilber, 1 Thl. Zinn und 1 Thl. Zink. Beschrieben im Journal de physique, Août 1788.

[28]) Histoire de l'électricité, p. 30.
[29]) Philosoph. transactions. Vol. X., pag. 327.
[30]) Fischer, Geschichte der Physik V., p. 490.
[31]) Versuche und Abhandlungen der naturforsch. Gesellschaft in Danzig. I. Theil, S. 442.
[32]) Priestley, Geschichte, S. 58.
[33]) Philosoph. transactions. Vol. X., p. 301.
[34]) Dass die Ladung der Flasche ganz irrig aufgefasst wurde, geht schon aus dem Titel eines Buches von Winkler hervor: „Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen.“ Leipzig 1746.
[35]) Nollet, Leçons de Physique.
[36]) Mémoires de Paris, 1746.
[37]) Muschenbroek schreibt deshalb in einem Briefe an Watson: Magnificentissimis tuis experimentis superasti conatus omnium.
[38]) Priestley, Geschichte, S. 78.
[39]) Nollet, Recherches, p. 136.
[40]) Bartholini de luce hominum et brutorum libri III., 1647 zu Leyden 1669 zu Kopenhagen erschienen.
[41]) Philosoph. transactions. Vol. X., p. 279.
[42]) Franklin, New exp. and observ. on electricity in several lettres to Mr. Collinson. London 1751.
[43]) Franklin, Letters, p. 3. Franklins Briefe von der Elektricität, übersetzt von Wilke, Leipzig 1758.
[44]) Franklin, Letters, p. 4.
[45]) Ibidem, p. 5.
[46]) Franklins 4. Brief. Philadelphia 28. März 1748.
[47]) Gralath, Geschichte der Elektricität, 2. Absch., S. 378.
[48]) Nollet, Lettres, Vol. I., p. 130.
[49]) Franklin, Letters, p. 56.
[50]) Franklin Letters, p. 44.
[51]) Mémoir. de l'academie royale des sciences de Paris 1752.
[52]) Nach F. Pipers Untersuchung in Poggendorfs Annal. Band 82, S. 317, liegt der Bezeichnung St. Elmsfeuer ein christlicher Heiligenname zu Grunde und soll aus Erasmus, zusammengezogen Ermus, italienisch Ermo oder Elmo, entstanden sein.
[53]) Plinius, Hist. nat. lib. II. Vidi nocturnis militum vigiliis inhaerere pilis pro vallo fulgorem effigie ea (stellae); et antennis navigantium, aliisque navium partibus . . . . .
[54]) Quaest. nat. cap. I.
[55]) De bello afric. c. 47. Eadem nocte legionis V. pilorum cacumina sua sponte arserunt.
[56]) lib. XXII. cap. I.
[57]) Poncelet, la nature dans la formation du tonnère. Paris 1766.
[58]) Franklin, Letters, p. 112.

[59]) Die nähere Beschreibung der Vorrichtung findet man in den mathematischen und physikalischen Denkschriften der königl. Akademie der Wissenschaften zu Paris.

[60]) Die meisten seiner Aufsätze sind in den Philoph. transactions enthalten.

[61]) Sein vorzüglichstes Werk ist: Dell' elettricismo naturale et artificiale. Turin 1753.

[62]) Lettere dell' elettricismo, p. 246.

[63]) Ibidem, p. 252.

[64]) Er nannte das Instrument Gnomon. Eine genaue Zeichnung und Beschreibung desselben findet sich in Richmanns de indice electricitatis etc. in den Nov. comment. acad. scient. imp. Petropolit. Tom. IV. 1752 et 1753, 1758, p. 310—340.

[65]) Lucretius de nat. rerum. VI. 416.
Postremo, cur sancta Deum delubra, suasque
Discutit (Jupiter) infesta praeclaras fulmine sedes;
Et bene facta Deum frangit simulacra?.....

[66]) Philosoph. transactions. Vol. VIII. P. 1, p. 203.

[67]) Lettere dell' elettricismo, p. 164.

[68]) Meteorologia lib. III. cap. I.

[69]) Quaest. natur. lib. II. cap. 31.

[70]) Histor. natural. lib. II. cap. 52.

[71]) Sympos. lib. IV. quaest. 2.

[72]) Ukert, Geographie der Griechen und Römer, II. a. 140.

[73]) Poggendorff, Geschichte der Physik. Leipzig 1879, p. 38.

[74]) Desgleichen, p. 39.

[75]) Dümichen, Baugeschichte des Dendera-Tempels. Strassburg 1877.

[76]) Abbildungen dieser Vorrichtungen findet man in Lübkes Geschichte der Architektur und in Meyers Conversationslexikon, Artikel Baukunst.

[77]) Philosoph. transactions. 2. 309.

[78]) Philosoph. transact. 1732. Nr. 437.

[79]) Exper. and observ. 65.

[80]) Exper. and observ. 132.

[81]) Eripuit coelis fulmen, sceptrumquae tyrannis.

[82]) History of the inductive Sciences from the earliest to the present times, by the Rev. William Whewell. London. III. Vol.

[83]) Progr. de avertendi fulminis artificio. Leipzig 1753.

[84]) Prokop Diwisch, Ein Beitrag zur Geschichte des Blitzableiters. Gartenlaube 1878. — Über Diwisch existieren noch folgende Schriften: Pelzel (Franz Martin) Abbildungen böhm. und mähr. Gelehrten und Künstler (Prag 1777, J. K. Hrube. 8°). III. Theil. S. 172 (nach diesem geb. 1. August 1696, gest. 21. Dec. 1765). — Gerber (Ernst Ludwig), Historisch-biographisch. Lexikon der Tonkünstler (Leipzig 1790, Breitkopf. groß 8°) I. Band. Sp. 344. — Desselben, Neues histor.-biogr. Lexikon der Tonkünstler (ebendaselbst 1812,

Kühnel. gr. 8⁰) I. Band. Sp. 906 (nach diesem geb. zu Senftenberg in Böhmen 1699). — Porträt. Unterschrift Procopius Diviss. Ohne Angabe des Zeichners und Stechers (in Pelzels Werke).

[85]) Philosoph. transactions. 1762, p. 629.

[86]) Lettres sur electr. — Philosoph. transactions.

[87]) Mém. de l'acad. Paris 1764, p. 440.

[88]) Philosoph. transactions. 1764, p. 247.

[89]) Philosoph. transactions. 1778.

[90]) Lettere dell' elettricismo, p. 278.

[91]) Vermischte Schriften, übersetzt von Molitor. Wien 1784.

[92]) Reimarus, Vorschriften zur Anlegung einer Blitzableitung in allerlei Gebäuden. Hamburg 1778. Neuere Bemerkungen vom Blitze. Hamburg 1794.

[93]) Philosoph. transactions. Vol. 48. P. 1, p. 358.

[94]) Lettere dell' elettricismo, p. 272.

[95]) Elettric. artif. e nat. 1753, p. 206.

[96]) Mit Recht bemerkt hierüber der Übersetzer von Priestleys Geschichte der Elektricität, Krünitz: „Viele Schiffer haben mir zwar versichert, dass sie gemeiniglich die Wassersäule durch Kanonenschüsse auseinander zu bringen suchten; aber ich habe noch von niemandem gehört, dass er dergleichen durch daran gehaltene Messer oder Degen aus einander gebracht hätte."

[97]) De electric. contrar. 1757, p. 142.

[98]) Mémoires de l'acad. Paris. 1767.

[99]) Stukeley in den philosoph. transact. 46. Band, Nr. 497, desgleichen Andreas Bina in seiner zu Perugia 1751 herausgegebenen Untersuchung über die Ursachen der Erdbeben.

[100]) Plinius, Hist. natur. lib. 37, c. 29.

[101]) Beckmann, Beiträge zur Gesch. der Erfind. Leipzig 1783.

[102]) Er erwähnt ihn in seiner Flora ceylonica.

[103]) Besonders bekannt geworden durch sein Werk: „Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi." Petersburg.

[104]) Aepinus, recueil s. l. turmalin. Petersburg 1762.

[105]) Disputatio phys. exper. de electric. contrariis. Rostock 1757.

[106]) Philosoph. transactions. 1759, p. 308.

[107]) Philosoph. transactions. 1759. 51, p. 398.

[108]) Abhandlungen der schwed. Akademie 1766. 28, p. 113; und 1768. 30. 3. Bergman opuscula 5, p. 402.

[109]) Cantons Leben, von seinem Sohne beschrieben, findet man in Kippi, biographia britannica und in Huttons mathematical dictionary.

[110]) Plinius, Hist. natur. XXI. 1.

[111]) Aelianus XII. 15.

[112]) Plinius, Hippokrates, Galenus, Dioxonides etc.

[113]) Von νάρκη, der tiefe Schlaf, Erstarrung, besonders durch Ohnmacht, Schreck.

[114]) Cicero, natura deorum II.

[115]) Mémor. acad. des sciences. VII., p. 93.

[116]) Mémoir. acad. 1714.

[117]) Harlemer Verhandlungen II. 1755, S. 372.

[118]) Musschenbroek introd. ad philos. natural.

[119]) Philosoph. transactions 65., p. 44—395.

[120]) Journal de physique T. IV., p. 205 und ebenda T. VIII,. p. 305.

[121]) Einige Schriftsteller nennen Wilke einen Schweden. Dies kommt daher, dass Wismar, wo Wilke 1732 geboren wurde, damals eine schwedische Besitzung war. Er studierte in Göttingen und Rostock. Allerdings gieng er in der Folge nach Stockholm, wo er bis zu seinem 1796 erfolgten Tode über 30 Jahre lang als Mitglied der Akademie der Wissenschaften arbeitete.

[122]) Aepinus war ein Mecklenburger, geboren zu Rostock 1724. Er wurde Privatdocent in seiner Vaterstadt, später Professor der Physik in Petersburg.

[123]) Dove, Repertorium, II. Band, S. 29.

[124]) Fischer, Geschichte der Physik, V. 452.

[125]) Wilke, dissertatio inauguralis de electricitatibus contrariis. Rostock 1757.

[126]) Aepinus sprach sich gegen die elektrische Atmosphäre aus und führte dafür den bezeichnenden Namen „elektrischen Wirkungskreis" ein. Siehe Fischer, Geschichte der Physik. V., p. 734—735.

[127]) Mémoir. de Paris. 1747.

[128]) Waitz, Abhandlung v. d. Elektricität u. deren Ursachen. Berlin 1745.

[129]) Philosoph, transact. vol. XLV., no. 486.

[130]) Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. 1. Theil. 1747.

[131]) Philosoph. transact. vol. XLVIII., p. I., no. 53.

[132]) Dieses beschreibt Priestley in philosoph. transact. vol. LXII., no 26.

[133]) Meteorologische Briefe Nr. 1.

[134]) Philosoph. transact. 1787. abr. XVI. 173. Eine umständliche Beschreibung findet man in Grens Journal der Physik, I. Band. 3. Heft, S. 380.

[135]) Ludwig XV. hatte im Jahre 1756 für die Elektricitätslehre eine eigene Lehrkanzel errichtet, welcher Nollet vorstand. Nollets vorzüglichste Schriften sind: Leçons de physique expérimentale, Paris 1743—1750, in 6 Vol. und spätere Auflagen. Essay sur l'électricité 1750. Recueil de lettres sur l'électricité 1753, in 3 volumes; l'art des expériences 1770 in 3 vol. Letztere war eine Beschreibung aller physikalischen Instrumente mit ihrem Gebrauche.

[136]) Aepinus, tentamen theoriae electricitatis et magnetismi. Petersb. 1759.

[137]) Aepinus sagt selbst, dass er, als er sich zu dieser Annahme hingetrieben fühlte, sich gleichsam vor ihr entsetzte: „Neque diffiteor, cum ipsa se mihi offeret — me ad ipsam quodammodo exhorruisse."

[138]) Philosoph. transactions. 1771. Vol. LXI.

[139]) Philosoph. transactions. 1759.

[140]) Priestleys Geschichte der Elektr., S. 313, Anmerk. I.

[141]) Abhandlungen der schwed. Akademie. 1762.

[142]) Collezione dell' opere di Volta. I. 105.

[143]) Philosoph. transactions. Vol. LI. P. 2, p. 905.

[144]) Geschichte der Elektricität, S. 390. Diese Geschichte, auf welche wir uns schon an mehreren Stellen berufen haben, erschien 1767 und errang allgemeinen Beifall, erlebte auch einige Auflagen. Priestley, ein gelehrter Theologe (geb. 1733 bei Leeds in England), hatte sie, aufgefordert von Franklin und Watson, verfasst.

[145]) De nova methodo naturam ac motum fluidi electrici investigandi, auct. J. C. Lichtenberg. Gottingae 1778.

[146]) Mémoires de l'acad. de sciences. Paris 1785, p. 570. Nach Coulomb ist die elektrische Torsionswage nur von wenigen benützt worden und zwar mit geringem Erfolge; es entstanden Klagen über die Unzuverlässigkeit des Apparates und über die schwierige Handhabung desselben. Erst Rieß bekämpfte diese Vorurtheile in Poggendorffs Annalen LXXI, 359.

[147]) Auf dasselbe Gesetz war schon früher, aber auf einem viel mühsameren Wege Tobias Mayer in Göttingen gekommen, allein diese Entdeckung Mayers wurde erst lange nach seinem Tode bekannt, wo sie in seinen hinterlassenen ungedruckten Manuscripten gefunden wurde.

[148]) Dass sich die Elektricität bloß auf der Oberfläche der Conductoren sammle, hat schon Beccaria früher gefunden.

[149]) So fand Coulomb z. B. an einem an beiden Enden kugelförmig abgerundeten isolierten Metallcylinder die Stärke der elektrischen Ladung in der Mitte = 1 angenommen, in der Entfernung von 2·5 *cm* vom Ende die Ladung = 1·8 und am Ende selbst = 2·3. An einer isolierten, kreisförmigen Metallscheibe von 20 *cm* Durchmesser und 2 *cm* Dicke fand er die elektrische Ladung in der Mitte = 1, in der Entfernung von 2·7 *cm* vom Rande die Ladung = 1·5, am Rande selbst = 2·9.

[150]) Abhandlung vom Nutzen in der Arzneiwissenschaft. Halle 1745.

[151]) Dissertatio de utilitate electrisationis in curandis morbis. Pragae 1751.

[152]) Jallaberts Experimenta electrica, Lovetts Subtil Medium proved, Wesleys Desideratum, or Electricity made plain and useful, Fergusons Introduction to Electricity, und Bockets Essay on Electricity. Einige Fälle, worin die Elektricität mit gutem Erfolge bei dem schwarzen Staare gebraucht worden, finden sich auch in dem fünften Bande der Londoner medicinischen Bemerkungen und Versuche. (Medical Essays of the College of Physicians in London.)

[153]) A complete Treatise on Electr. 1777.

[154]) Tiberius Cavallo, A complete Treatise on Electricity. 1777.

[155]) Sulzers Abhandlung: „Das Vergnügen." 1782.

[156]) Er beschrieb ihn in dem Journal de physique 1783.

[157]) Er beschreibt diesen Apparat in einem Briefe an Priestley. Scelta di opascoli interessanti, T. IX. und X. Milano 1775.

[158]) Später wurde die Coulomb'sche Drehwage zur Untersuchung der Luftelektricität angewendet. Über neuere Messapparate findet man in Poggen-

dorffs Annalen Band LXIX., S. 71; Band LXXXVIII., S. 571; B. LXXXVI., S. 524; B. LXXXIX., S. 258; B. LXXXV., S. 494.

[159]) In demselben Jahre beschrieb Bennet auch seinen Duplicator, eine Vorrichtung, um schwache Elektricitäten zu verstärken.

[160]) Voltas Schriften gab Vinc. Antinori unter dem Titel: „Collezioni delle opere del Cav. Conte Alessandro Volta, Firenze 1826“ in 5 Bänden heraus.

[161]) Becquerel, Traité de l'électr. Vol. I., p. 107.

[162]) Zuccala, Elogio del Conte Aless. Volta. Bergamo 1827.

[163]) Mechanische Behandlung der Elektricität, S. 154.

[164]) Pfaundler sucht diese Erklärung durch zwei Bilder zu veranschaulichen, Lehrbuch der Physik und Meteorologie von Dr. Müller, 1881, 3. Band, S. 425 und 426.

[165]) Nicholsons Journal, IV. 275.

[166]) Whewells Geschichte der inductiven Wissenschaften, aus dem Englischen übersetzt von Littrow. 1841. 3. Band, p. 187.

[167]) Näheres über diese Versuche findet man im 28. Bande der Annalen der Physik, welche Professor Ludwig Wilhelm Gilbert seit 1798 redigierte.

[168]) Ein Verzeichnis aller seiner Schriften findet man in The life of Sir Humphry Davy, London 1830. Seine Abhandlungen und selbständigen Werke hat sein Bruder Dr. John Davy zu einer vollständigen Ausgabe gesammelt.

[169]) Seine „Experimental Researches“ sind in einer Reihe von Memoiren in den philosophischen Transactionen der k. Societät von London erschienen.

[170]) Dies geschah auch späterhin durch Clerk Maxwell, siehe dessen Lehrbuch der Elektricität.

[171]) Researches Art. 663.

[172]) Philosoph. transactions. 1801, p. 427.

[173]) In seinem Aufsatze über „die Ursachen der hydroelektrischen Ströme,“ welcher in seinen „Beiträgen zur physikalischen Chemie“ erschien. Basel 1844.

[174]) Dies hat außer anderen Physikern Svanberg durch genaue Messungen nachgewiesen. Poggendorffs Annalen LXXIII., p. 290.

[175]) Müller spricht in seinem Berichte über „die neuesten Fortschritte der Physik“, Braunschweig 1849—1852, p., 238 die Ansicht aus, die Schönbein'sche Theorie würde allen bis jetzt bekannten Thatsachen genügen, wenn man noch annehmen würde, dass eine elektrische Spannung eintritt, wenn zwei Metalle von verschiedener Oxydierbarkeit mit einander in Berührung gebracht werden.

[176]) Wiener Akademie-Berichte LXXXI.

[177]) Eine nähere fassliche Auseinandersetzung dieser Theorie findet man unter anderem im Lehrbuche der Physik von J. Müller, achte Auflage, bearbeitet von Pfaundler, Braunschweig 1881, III. Band, p. 257—258; auch in Haucks Grundlehren der Elektricität, 1883, p. 70—72.

[178]) Näheres über den Streit zwischen chemischer und Contacttheorie findet man in Wiedemanns Galvanismus, I. Band, p. 781—799; auch in Müllers Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik, I. Band, 1849 bis 1852, p. 226—239.

[179]) Philosophical Magazine, Dingler, 105. Band.

[180]) Die gesammten Naturwissenschaften. Essen, bei G. D. Bädeker. 1. Band.

[181]) Dinglers Journal, 76. Band, aus Comptes rendus, 1840. N. 14.

[182]) 1. Band der Könige. 6, 20, ebenso 2 Moses, 25, 11; 30, 3; 26, 29.

[183]) Becquerel, Traité de l'Electricité et de Magnetisme, p. 18.

[184]) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1871, S. 463.

[185]) Mitgetheilt der Akademie zu München, 4. Mai 1840.

[186]) Eine tabellarische Zusammenstellung der Versuche von Nobili findet man in Poggendorffs Annalen, X. Band, und daraus in Dinglers Journal, 94. Band.

[187]) Schweiggers Jahrbuch für Physik und Chemie. J. 56. 1.

[188]) Wir wollen nur einige derselben anführen: Ritter, Professor in Jena, Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprocess im Thierreiche begleitet. 1798. — Dr. Hagenbach, Abhandlung über den Galvanismus und dessen Anwendung in Hufelands Journal der praktischen Arzneikunde. 13. Band. — Dr. Grapengießer, Versuche, den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden. Berlin 1801. — Dr. Haber, Heilung der Taubheit, Stimmlosigkeit und Nervenkrankheit. Allgemeine medicinische Annalen, Jänner 1802. — Pfingsten, Vorsteher des Taubstummen-Institutes zu Kiel, über die Gehörfehler der Taubstummen als Winke beim Galvanisieren zu gebrauchen. Kiel 1802. — Dr. Augustin, vom Galvanismus und dessen medicinischer Anwendung. Berlin 1801. — Pertal, sur quelques maladies de la voix (Mémoires de la société médicale démolation pour l'an V., de la R. f. Paris an VI., p. 80.) — Dr. H. E. Bischoff, commentatis de usu Galvanismi in arte medica, speciatim vero in morbis nervorum pararyticis. Jenae 1801. — Hufeland, Journal. 13. Band, 2. Stück, S. 97—138.

[189]) Siehe darüber das vortreffliche Werk von Dr. Rudolf Lewandowski, die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde. 1883.

[190]) Phil. magazine, Oct. 1841.

[191]) Poggendorffs Annalen LIX., S. 203 und 407, LXI. S. 18.

[192]) Bericht der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg, VI.

[193]) Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. 1874.

[194]) Phil. transact. f. 1847. pt. 1. u. Poggendorffs Annalen LXXI. p. 196.

[195]) Eine Beschreibung dieser Apparate findet man in dem Werke: „Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke" von Dr. Friedrich Wächter. 1883.

[196]) Mechanics Mazazine, Mai 1842, p. 353. Dinglers polytechnisches Journal LXXXV. 275.

[197]) Ausführliche Belehrung gewährt „die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde“ von Dr. Rudolf Lewandowski, 1883.

[198]) Bruck J., Die Galvanokaustik in d. zahnärztlichen Praxis. Lpzg. 1864.

[199]) V. v. Bruns, Die Galvano-Chirurgie oder die Galvanokaustik und Elektrolysis bei chirurgischen Krankheiten. Tübingen, 1870. Die galvanokaustischen Apparate und Instrumente, ihre Handhabung und Anwendung. Tübingen 1878.

[200]) Phil. transactions f. 1847. pt. Poggend. Annalen LXXVI, 170.

[201]) Casselmann, „Über die galvanische Kohlenzinkkette.“ Marburg 1844. Poggend. Annalen LXIII. 576.

[202]) Ann. de chim. et de phys. Ser. III., T. XI., pag. 370. Pogg. Ann. LXIII., 463.

[203]) Wie dieser Versuch angestellt wurde, findet man auch kurz geschildert in J. Müllers „Fortschritte der Physik.“

[204]) Phil. transactions f. 1847, pt. Pogg. Annalen LXXVI., 170.

[205]) Transactions of the Lond. electr. soc. pag. 65 und 71; Poggend. Ann. LV., 62.

[206]) Comptes rendus, Juli 1849, Nr. 3; Dinglers polytechnisches Journal, CXIV. 342.

[207]) „Das elektrische Licht“ von Dr. Alfred von Urbanitzky. 1883.

[208]) Elektrotechnische Zeitschrift, 1880. Der Apparat ist auch beschrieben in „die elektrischen Beleuchtungsanlagen“ von Urbanitzky, 1883, S. 204.

[209]) Die meisten dieser Lampen findet man beschrieben und abgebildet in: „Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und Kraftübertragung“ von Dr. H. Schellen, 1880. Ein besonders zu empfehlendes Werk ist: „Das elektrische Licht und die hierzu angewendeten Lampen, Kohlen und Beleuchtungskörper“ von Dr. A. v. Urbanitzky, 1883. Ferner: Daurer, Die elektrischen Lampen, 1882.

[210]) Dinglers polytechnisches Journal XCVIII., S. 158 und 232; Moniteur industr. 1845, Nr. 961 und 965.

[211]) Dinglers polytechn. Journal XCIX. S. 201; Philos. Magazine, December 1845, S. 442.

[212]) Fortschritte der Physik von J. Müller, S. 419. Fontaine, elektrische Beleuchtung. 2. Aufl., S. 13.

[213]) Casselmann, „Über die galvanische Kohlenzinkkette.“ Marburg 1844.

[214]) Transactions of the London electrical society from 1837 to 1840. (Pogg. Ann. LIV. 514.)

[215]) Philos. Transactions f. 1847. (Pogg. Ann. LXXVI., 170.)

[216]) Ampère, Theorie des Phen. Electrodyn., p. 69.

[217]) Schelling, Über Faradays Entdeckung, S. 27.

[218]) Oersted, Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticum; übersetzt in Gilberts Annalen, Band 66, S. 295. Annales de chim. et de phys. 2 série, 1820, XV, 69 und 170.

[219]) Der anonyme Verfasser hat seine Vertheidigungsschrift Schweiggers im Manuscripte auch an den berühmten Mathematiker Schlömilch eingeschickt, worauf er von diesem folgendes Antwortschreiben erhielt: „Die kleine physikalische Arbeit, welche Sie mir zugesendet haben, finde ich ebenso interessant als überzeugend. Da überdies meine Zeitschrift für Physik und Mathematik die Geschichte der exacten Wissenschaften besonders cultiviert, so werde ich den erwähnten Artikel sehr gern aufnehmen und zwar in das 5. Heft, dessen Satz erst bis zum 2. Bogen fortgeschritten ist. Den Herrn Verfasser ersuche ich noch, sich wenigstens mir zu nennen und zu bestimmen, ob der Artikel mit seinem Namen unterzeichnet werden soll, was ich ganz unbedenklich finden würde. Hochachtungsvoll zeichne ergebenst Geh. Hofrath Schlömilch. Dresden, den 7. October 1873.

[220]) Whewell, Geschichte d. inductiv. Wissenschaften 1841. B. III., S. 98.

[221]) Gilberts Annalen, 70, 273.

[222]) Außerdem ist die ablenkende Kraft dem Sinus des Winkels proportional, welchen der Abstand mit der Richtung des Stromes im Elemente bildet.

[223]) Annales de Chim. 55. 156.

[224]) Beschrieben und abgebildet in Pfaundlers Physik, III. Band.

[225]) M. Th. Edelmann, Neuere Apparate, S. 157.

[226]) Wiener Akademie-Berichte LXVII., S. 101; dann „Spiegelgalvanometer mit regulierbarer Dämpfung“, Wien 1873.

[227]) W. Siemens construierte ein sogenanntes Universalgalvanometer. Dieses dient zur Messung von elektromotorischen Kräften, von Widerständen und Stromstärken. Pfaundler, III. Band, S. 471—474.

[228]) Recueil d'observations électro-dynamiques, 1820. Précis de la théorie des phénomènes électro-dynamiques, 1824. Description d'un appareil électro-dynamique, 1824.

[229]) Annales de chim. et de phys. 2. série 1820. XV. 69 und 170.

[230]) Mémoires de l'Académie royale des sciences, 1827. VI. 175.

[231]) Annales de chim. Vol. XX., p. 60 (1822).

[232]) Poggendorffs Annalen, Band LXXIII., S. 193.

[233]) Wiener Akademie-Berichte, Band 77. 1878.

[234]) Bull. scient. der Petersburger Akademie, Theil IV.; auch in Pogg. Ann. XLVII.

[235]) Der Apparat, mit dem sie ihre Messungen über die Tragkraft anstellten, ist in Pogg. Ann., Band LIV., S. 335 beschrieben.

[236]) Nuova Machina elettro-magnetica immaginata dall' ab Salvatore dal Negro, eine Abhandlung, die sich in den Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto, 1834 im März, befindet. Über die Arbeiten auf diesem Gebiete überhaupt bis zum Jahre 1838 lieferte Vorßelmann de Heer einen Bericht im 47. Bande von Poggendorffs Annalen, S. 76. Eine ganz kurze Beschreibung des Apparates von dal Negro findet man auch in J. Müllers „Neueste Fortschritte der Physik“. I. Band, S. 539.

[237]) Mémoire sur l'application de l'electromagnetisme au mouvement des machines, par M. H. Jacobi. Potsdam 1835.

[238]) Bibliotheque universelle. Août 1836.

[239]) Dinglers polytechnisches Journal, 71. Band, S. 411.

[240]) Poggendorffs Annalen II., 358.

[241]) Dinglers polytechnisches Journal, 102. Band, S. 112.

[242]) Die Beschreibung des Motors von Froment findet man in Müllers Lehrbuch der Physik, bearbeitet von Pfaundler. 2. Band, S. 508 und 509

[243]) Näheres in demselben Werke, S. 517.

[244]) Siehe dasselbe Werk, S. 510.

[245]) Baierisches Gewerbeblatt. XXI., 127 und Kuhn, Handbuch der angewandten Elektricitätslehre 1866.

[246]) Philosophical magazine, London XVIII, 139; und Kuhn, S. 1121.

[247]) Mechanic's Magazine, London XXXV. 139. — Kuhn, S. 1123. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph. Braunschweig 1870, S. 829.

[248]) Du Moncel, Exposé des applications de l'électricité. Paris 1874 bis 1878, tom. IV., p. 20. — Kuhn, 1125.

[249]) Bréguet, Manuel de Telegraphie électrique. Paris 1862, p. 221.

[250]) Schellen, Der elektromagnetische Telegraph. Braunschweig. 3. Aufl., S. 368.

[251]) Elektrotechnische Zeitschrift, I. Band, 1880. Schneebeli, Die elektrischen Uhren. Zürich 1877.

[252]) Lamont, Astronomischer Kalender für das Königreich Baiern auf das Jahr 1852, S. 153.

[253]) Bulletin über die Sitzung der Brüsseler Akademie der Wissenschaften vom 7. Octob. 1840.

[254]) Eine Belehrung über Chronoskope gewährt die Abhandlung von W. Rollmann in dem Programm des Gymnasiums zu Stralsund 1867. Auch Edelmanns „Neuere Apparate."

[255]) Phil. Transactions. f. 1846, in der 20. Reihe, p. 21 — und Pogg. Annalen. LXIX, 289.

[256]) Die neuesten Schriften bezüglich des Diamagnetismus sind: Prof. Ludw. Boltzmann, Über die auf Diamagnete wirksamen Kräfte. Wien, Gerold 1879. — J. Stefan, Über die diamagnetische Induction. 1872. Wien. — Alfred Nitzelberger, über Diamagnetismus. Wien 1878. — W. Weber, Elektrodynamische Maßbestimmungen, insbesondere über Diamagnetismus, Leipzig 1867. — Prof. Alb. v. Ettingshausen, Bestimmungen der Diamagnetisierungszahl des metallischen Wismuths in absolutem Maße. Wien 1878. — J. Schuhmeister, Bestimmung magnetischer und diamagnetischer Constanten von Flüssigkeiten und Gasen in absolutem Maße. Wien 1881.

[257]) Bibliotheque universelle de Genève, 1838; XVIII., 353.

[258]) Poggendorffs Annalen, 1851, LXXXIII., 469.

[259]) Lehrbuch der Electricität von J. Gavarret, Professor der Physik an der medicin. Facultät in Paris. Deutsch von Dr. Arendt. I. Band.

[260]) Gilberts Annalen, LXXIII.

[261]) Cambridge transactions Vol. II., p. 62: Über die Entstehung des Elektromagnetismus durch die Wärme. — Cummig hatte schon im Beginn des Jahres 1823 die nähere Untersuchung auf sehr viele Metalle angewendet und die thermoelektrische Classification derselben bestimmt.

[262]) Seebeck in Pogg. Ann. 6. 17; Becquerel in Zeitschrift 1. 430.

[263]) Pogg. Ann. 42. Band und Phil. Mag. XI., p. 304.

[264]) Die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes gleich 1 gesetzt, ist die elektromotorische Kraft eines Wismuth-Kupfer-Elementes für eine Temperaturdifferenz von 100° nach den Messungen von Wheatstone 0·0084.

[265]) Nobili in Pogg. Ann. 14. B. 161; — Botto ebendaselbst 28. 238; Wheatstone ebendaselbst 41, 160; Watkins in Phil. Mag. 11. 399 und 304; 14. 32.

[266]) Dinglers polytechnisches Journal 1877, Band 224, S. 276.

[267]) Am 5. Mai 1879 machte Th. du Moncel der Pariser Akademie Mittheilung von einer wesentlichen Verbesserung der Thermosäule durch Clamond. Siehe Carl's Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. I. Band. Nr. 7.

[268]) Poggend. Ann. CXXIV. Stefan veröffentlichte auch im J. 1865 in den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung über einige Thermoelemente von großer elektromotorischer Kraft.

[269]) Göttinger Nachrichten, 1874, dann Poggend. Ann. 156.

[270]) Wiener Akademie-Berichte. 1877. Band 75, S. 245.

[271]) Ohm's Abhandlung. „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem die Metalle die Contactelektricität leiten“ 1826, und „die galvanische Kette, mathematisch behandelt“. Berlin 1827.

[272]) Alfred Smee, Elemente der Elektrometallurgie, deutsche Übersetzung der 3. Auflage, Leipzig bei Ambr. Abel.

[273]) Wiedemanns Galvanismus. I. Band.

[274]) Poggendorffs Annalen, Band CXIII. und CXVI.

[275]) Proc. Amer. phil. Soc. V. 76.

[276]) Poggend. Annalen. 80. Band, p. 161.

[277]) Krönigs Journal für Physik des Auslandes, III. Band. pag. 1 aus dem American Journal, 2nd series, vol. XI., p. 67, 153.

[278]) Comptes rendus t. XXX., p. 439, dann Pogg. Annalen, 80. Band, pag. 158.

[279]) Théorie des phénomènes électriques 1873.

[280]) Vorträge von Dr. Hermann Militzer, k. k. Telegraphen-Inspector, aufs Neue herausgegeben von Julius Lang, k. k. Telegraphen-Beamten.

[281]) Alle von Arago in dieser Beziehung angestellten Versuche sind beschrieben in Philosoph. transac. S. 127. 1832. Erste Reihe. Art. 10, 18, 28, 37, 39, 53. — S. 163. Zweite Reihe. Art. 141, 150, 164, 171.

[282]) Ein derartiger Erdinductionsapparat ist beschrieben und abgebildet in Müller-Pfaundlers Physik. III. Band. S. 723.

[283]) Poggendorffs Annalen. LVI. 251.

[284]) Poggendorffs Annalen LXXVII, S. 161.

[285]) Experimental Researches, I. 6. — Poggendorffs Annalen, 1832, XXV., 97. Annales de chim. et de phys. 2. série, 1832 L. 13.

[286]) Annales de chim. et de phys. 2. série, 1840, LXXIV., 159, Note.

[287]) Poggendorffs Annalen 1839, XLVII., 56. — 1840, XLIX., 393. — 1840, L., 1. — 1840, LI., 177. — 1842, Ergänzungsband I., 282. — 1850, LXXXI., 428. — 1851, LXXXIII., 309.

[288]) Transactions of the American Philosophical Society VI., und mit Abkürzungen in Pogg. Ann. Ergänzungsband 1842, Seite 282. — Annales de chim. et de phys. 3. série, 1841, III., 396.

[289]) Pogg. Ann. 1841, LIV., 322.

[290]) Annales de chim. et de phys. 3. série, 1842, IV., 153. — Cours special sur l'induction, Paris 1854.

[291]) Annalen der Chemie und Pharmacie, 1853, LXXXVI., 293.

[292]) Annales de chim. et de phys. 3. série, 1848, XXIV., 377.

[293]) Poggendorffs Annalen, LXIV., 337.

[294]) Ein Auszug aus der Abhandlung, welche Neumann der Berliner Akademie übergeben, findet sich in Poggendorffs Annalen, LXVII., S. 31.

[295]) Die Entwicklung der Grundzüge der Weber'schen Theorie findet man in Müllers „Bericht über die neuesten Fortschritte in der Physik" S. 664 bis 675. Ferner in den „Abhandlungen der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften", Leipzig 1846, dann im Auszuge in Pogg. Ann. LXXIII., S. 193. Über die Theorie der Induction siehe auch Wiedemann Galvanismus, II. Band, woselbst auch die Originalliteratur dieses Gegenstandes angegeben ist.

[296]) Ruhmkorffs Inductions-Apparat und die damit anzustellenden Versuche. Nach dem französischen Original des Herrn Th. du Moncel, mit dessen Autorisation bearbeitet von Dr. C. Bromeis und J. F. Bockelmann. Frankfurt. a. M. 1857.

[297]) Diese Thatsache ist zuerst von Bachhoffner und Sturgeon beobachtet, aber erst von Professor Magnus in Berlin genügend erklärt worden. Pogg. Ann. XLVIII., S. 95.

[298]) A. v. Waltenhofen, Über elektrische Zündungen in großen Entfernungen. Abhandl. der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. VI., 8, 1876.

[299]) W. Hittorf, Über die Elektricität in Gasen, 1869. Pogg. Annalen, 136, S. 1 und 197. — Reitlinger und Kuhn, 1870. Wien. — Reitlinger. Über einige merkwürdige Erscheinungen in Geißler'schen Röhren. Wien, 1876. — William Crookes, über strahlende Materie. Leipzig 1879. — Zoch, neue elektrische Staubfiguren zur Erklärung der Geißler'schen Röhren und zur Widerlegung der Crookes'schen Hypothese. Serajevo 1880. — Reitlinger und A. v. Urbanitzky, über die Erscheinungen in Geißler'schen Röhren unter äußerer Einwirkung. In zwei Abtheilungen, Wien 1879 und 1880. — Gintl W. F., Studien über Crookes strahlende Materie. Prag 1880. — Puluj J., Strahlende Elektrodenmaterie und der sogenannte vierte Aggregat-

zustand, Wien 1881, 1882. — Crookes William, strahlende Materie. Deutsch von Gretschel. Leipzig, 1882. — Die Originalabhandlungen von Crookes finden sich in den Publicationen der Royal Society of London. — Abhandlungen von Hittorf, Goldstein, Reitlinger und anderen findet man in den Schriften der Berliner und Wiener Akademie der Wissenschaften und in Poggendorffs Annalen.

[300]) Elektrotechnische Bibliothek. 1. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen von Gustav Glaser-De Cew 1883. — Reis, Neue elektrische Maschinen, insbesondere die magnetelektrischen, Leipzig 1877. — Schellen, Die magnet- und dynamoelektrischen Maschinen. Köln 1882.

[301]) On the Augmentation of the Power of a Magnet by the rotation thereon of Currents induced by the Magnet itself.

[302]) In der Zeitschrift „Il nuovo cimento“ XIX. Band, 378. Seite.

[303]) Untersuchungen über thier. Elektricität v. Du Bois-Reymond. Berlin.

[304]) A. v. Humboldt, Über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Posen und Berlin 1797.

[305]) Aldini gab im Jahre 1804 ein Prachtwerk in französischer Sprache heraus: Essai théorique et expérimental sur le Galvanisme.

[306]) Du Bois-Reymond: „Über den sogenannten Froschstrom und die elektromotorischen Fische“ in Poggendorffs Annalen, Jahrg. 1843, Band 58. — Doctordissertation „Quae apud veteres de piscibus electricis exstant argumenta“. Berlin 1843. — Untersuchungen über thierische Elektricität, Band I., Berlin 1848; Band II., Abtheil. 1., 1849; Abtheil. 2, 1860. — Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu elektrophysiologischen Zwecken. Berlin 1863. — Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik, 2 Bände, Leipzig 1875—77.

[307]) Siehe Fechner, Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie, S. 466. — Schröder in Poggend. Ann., LIV., 57.

[308]) Außer den bereits angeführten Schriften von Du Bois-Reymond wollen wir noch erwähnen: Müllers Fortschritte, 1849, S. 768—844. — Schiff, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems, 1855. — Fick, medicinische Physiologie 1858. — Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus, 1858. — Marbach, phys. Lexicon, 2. Aufl. 1859, VI., 343—357. — Bezold, Untersuchungen über die elektrische Erregung der Nerven und Muskeln. Leipzig 1861. — Rosenthal, Elektricitätslehre für Mediciner, 1862. — Fick, Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. Braunschweig 1864. — Setschenow, über die elektrische und chemische Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches. Graz 1868. — König, Beiträge zur Theorie der elektrischen Nervenreizung. Gerold, 1870. — Fleischl, Untersuchung über die Wirkung secundärer elektrischer Ström[e] auf Nerven. Gerold, 1874. — Brücke, Über die Wirkungen des Muske[l]stromes. Wien 1875. — Historischer Überblick in Seyffer, Geschicht. Da[r]stellung des Galvanismus, S. 395—411. — „Die Berliner Fortschritte d[er]

Physik", Artikel „Elektrophysiologie." — Die größeren Lehrbücher der Physiologie, Capitel: Allgemeine Muskel- und Nervenphysiologie.

[309]) Humboldt, Versuche über elektrische Fische, 1806. — Herrliche Schilderung des Kampfes der Gymnoten mit den Pferden in Humboldts Ansichten der Natur, 1826, Cotta, Seite 37. — Schönbein, Beobachtungen über die elektrischen Wirkungen des Zitteraales, Basel 1841. — Marbach, physikal. Lexikon. 2. Aufl. 1854, III., 207—213. — Bilharz, Das elektr. Organ des Zitterwelses, Leipzig 1857. — Du Bois-Reymond, Über den Zitterwels, Berl. acad. Monatsber., 1857, 424—427. — Schultze, Abhandlungen der Naturforscher-Gesellschaft in Halle, 1858, IV.; 1859, V., 13—50 und 1862, Archiv für Anatomie, 1862, 470—480, und als Gegner Hartmann, Archiv für Anatomie, 1861, S. 646—670; 1862, S. 762—772. — Wilson, Zur Geschichte der elektrischen Fische, Edinburg: Journal, 1858., 2. Serie, VI., 267—287. — Keferstein, Götting. Nachrichten, 1859, S. 17—34. — Boll, Über elektrische Fische, Berlin 1875. — Reichenheim, Über das Rückenmark und den elektrischen Lappen von Torpedo, Berlin 1878. — Ewald, über den Modus der Nervenverbreitung im elektrischen Organ von Torpedo, Heidelberg 1881. — Sachs, Untersuchungen am Zitteraal. Nach dem Tode des Verfassers bearbeitet von Du Bois-Reymond, Leipzig 1881. — Weiters findet man noch Abhandlungen in Poggendorfs Ergänzungsband I. 385, sowie in Poggendorffs Annalen 37. 239; — 39. 411; 39. 485.

[310]) Researches anatomical and physiological. London 1839. Vol. I.

[311]) Youngs travels in France, 1787, 4. ed. tom. I., p. 79.

[312]) Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, zuerst herausgegeben von dem Legationsrath Lichtenberg, fortgesetzt von Johann Heinrich Vogt (Band 9, S. 183.)

[313]) Kirchenrath Böckmann, Versuch über Telegraphie und Telegraphen, Kassel 1794.

[314]) Schellen, der elektromagnetische Telegraph, Braunschweig 1850, S. 47.

[315]) Siehe die 1797 in Leipzig erschienene deutsche Übersetzung seines englischen Werkes: Vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Elektricität, 2. Band, S. 377.

[316]) Voigt, Magazin, Band 11, S. 4.

[317]) Gauß und Weber, Resultate des magnet. Ver. Göttingen 1838, S. 14

[318]) Descriptions of an electrical telegraph and of some other electrical apparatus.

[319]) Ausführliches über diese Erfindung findet man in der von Hofrath Dr. W. Sömmering (Thomas v. Sömmerings Sohn) im J. 1863 in Frankfur a. M. erschienenen Schrift: Der elektrische Telegraph als deutsche Erfindung S. Th. v. Sömmerings.

[320]) Annales de chimie et de physique, tom. 15, p. 72.

[321]) Gehler, physikalisches Wörterbuch, neu bearbeitet von Gmelin, Littrow, Munke, Pfaff, Leipzig, Band 9, S. 110.

[322]) Abbé Fr. Moigno. traité de télégraphie électrique, Paris 1852, p. 67.

[323]) Fechner, Lehrbuch des Galvanismus, Leipzig 1829, S. 269.

[324]) Außerordentliche Beilage der Augsburger allgemeinen Zeitung vom 23. Juli 1837.

[325]) Shaffner, Telegraph manuel, p. 139.

[326]) Dies wird nachgewiesen in J. Hamel, Mélanges physiques et chimiques tirés du bulletin de l'académie impériale des sciences de St. Petersbourg, — 18 60, tom. IV., p. 255.

[327]) Geschichte der Telegraphie von Zetzsche, Berlin 1877, S. 66.

[328]) Muncke in Gehlers Wörterbuch 1838, B. 9, 111—115. S.

[329]) Försters Bauzeitung 1837, 440.

[330]) Internationale Zeitschrift für die elektrische Ausstellung in Wien. 1883. Nr. 11, S. 162. Ein Aufsatz von Dr. Hugo Krüss.

[331]) Eine ausführliche Beschreibung des Steinheil'schen Apparates findet man in der außerordentlichen Beilage der Augsburger allgemeinen Zeitung vom 18. Februar 1838.

[332]) Schuhmacher, astronomisches Jahrbuch für 1839, S. 171.

[333]) Das große Leitungsvermögen des feuchten Erdbodens erklärte Prof. Gustav Theodor Fechner in Leipzig zuerst aus dem großen Querschnitte der feuchten Schichte. Es ist bekannt, dass, obwohl die Leitungsfähigkeit der Erde unzweifelhaft nachgewiesen ist, doch gewichtige Thatsachen dafür sprechen, dass die Elektricität in der Erde gar nicht den Weg zwischen zwei Stationen zurücklege, dass vielmehr die Erde als ein großes Behältnis anzusehen sei, in welches die Elektricität von den beiden Batteriepolen gleichzeitig abfließe.

[334]) Dingler, Journal, 109, 352. Bairische Akademie, Abhandlungen, 5, 832.

[335]) Vergleiche L. Turnbull, The electric Telegraph, Philadelphia 1853, p. 61; dann Sabine Robert, The history and progress of the electric Telegraph, London 1869, p. 31.

[336]) Polytechnisches Centralblatt, Leipzig 1838, 501.

[337]) Shaffner, Telegraph manuel, Newyork, 1859, p. 489.

[338]) Nach dem englischen Patente vom 27. Mai 1843.

[339]) Dies geht schon aus dem Patente Morse's vom Jahre 1837 hervor.

[340]) Die Beschreibung derselben findet man in Zetzsche, Geschichte der elektrischen Telegraphie, Berlin 1877, auch in dem V. Bande der elektrotechnischen Bibliothek „die Verkehrstelegraphie der Gegenwart“ von J. Sack, Wien 1883.

[341]) Schellen, der elektromagnetische Telegraph, 5. Auflage. Seite 625.

[342]) Eine ausführliche Beschreibung dieses Telegraphen findet man in dem II. Bande des Lehrbuches der Physik von Müller-Pouillet 3. Aufl., S. 218.

[343]) Literatur der Telegraphie:

S. Th. v. Sömmering, Über elektr. Telegraphie, München 1811.

Gauss und Weber. Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereines, Göttingen 1836.

Dr. C. A. Steinheil, Über Telegraphie, insbesondere durch galvanische Kräfte, München 1838.

Fardely, Der elektrische Telegraph (aus dem Englischen, Mannheim 1844.

Beil, Die Anwendung elektro-magnetischer Telegraphen für den Dienst der Eisenbahnen, Frankfurt 1845.

A. Vail. The American Electro-Telegraph, Philadelphia. Französische Übersetzung. 1847.

Drescher, Die elektrische Telegraphie, Kassel 1848.

Pelcharim, Der elektro-magnetische Telegraph, Berlin 1848.

Poppe Adolf Dr., Die Telegraphie von ihrem Ursprunge bis auf die neueste Zeit, Frankfurt 1848.

Schellen, Der elektromagnetische Telegraph, 1. Auflage, Braunschweig 1850.

Steinheil, Beschreibung und Vergleichung der galvanischen Telegraphen Deutschlands, München 1850.

Buerbaum Josef, Die elektro-magnetischen Telegraphen, Berlin 1851.

Gerke, Der praktische Telegraphist, Hamburg 1851.

E. W. Siemens, Kurze Darstellung der an den preußischen Telegraphenlinien mit unterirdischen Leitungen bis jetzt gemachten Erfahrungen, Berlin 1851.

E. W. Siemens, Mémoire sur la Télégraphie électrique, Berlin 1851.

Edward Higthon, The electric telegraph, its history and progress. 1852.

Moigno Fr., Abbé, Traité de télégraphie électrique, Paris 1852.

Bergmann L., Die Telegraphie, Leipzig 1853.

L. Thurnbull, The electric Telegraph, Philadelphia 1853.

L. Brégnet, Manuel de la télégraphie électrique Paris 1856.

Fardely, Der Zeigertelegraph für den Eisenbahndienst, Mannheim 1856.

Lardner Dionysius, Populäre Lehre von der elektrischen Telegraphie, deutsch von Dr. Hartmann, Weimar 1856.

Knies Karl, Der Telegraph als Verkehrsmittel, Tübingen 1857.

Gavarret, Télégraphie électrique, Paris 1861.

Alvensleben Udo von, Populärer Leitfaden zur leichtfasslichen Erlernung der elektrischen Telegraphie, Quedlinburg 1862.

Gros J. B. v., Anschauliche Darstellung der elektrischen Telegraphie zur Verständigung des großen Publicums, Weimar 1862.

Pfeiffer C. Handbuch der elektro-magnetischen Telegraphie nach Morse'schem System, Weimar 1862.

W. Sömmering, Der elektrische Telegraph als deutsche Erfindung Samuel Thomas von Sömmerings, aus dessen Tagebüchern nachgewiesen, Frankfurt a. M. 1863.

Blavier, Nouveau traité de Télégraphie électrique. I. Paris 1865.

Pfeiffer C., Handbuch der elektro-magnetischen Telegraphie, nach Morse'schem System, Weimar 1865.

Richter J., Morse's elektro-magnetischer Drucktelegraph, Reichenberg 1865.

Zetzsche Dr., Die Copier- und Drucktelegraphen, Leipzig 1865.

Militzer Hermann, Die österreichischen Telegraphenanstalten, Wien 1866.

E. W. Siemens, Die elektrische Telegraphie, Berlin 1866.

Blavier, Télégraphie électrique, II. Páris 1867.

M. Weber, Freiherr v., Das Telegraphen- und Signalwesen der Eisenbahnen, Weimar. 1867.

Postel E., Grundzüge der elektrischen Telegraphie, Langensalza 1868.

Winz Adolf, Der praktische Telegraphist, Berlin 1868.

Morse S. F. B., Examination of the Telegraph apparatus and the progress in telegraphy, Philadelphia 1869.

Robert Sabine, The history and progress of the electric telegraph, London 1869.

Ludwig, Der Bau von Telegraphenlinien, Dresden 1870.

R. S. Culley, Handbook of practical telegraphy, London 1871.

Alfred Etenaud, Télégraphie électrique en France et en Algérie, Paris 1872.

Ludwig, Die Telegraphie in staats- und privatrechtlicher Beziehung, Dresden 1872.

Dub Julius, Die Anwendung des Elektromagnetismus mit besonderer Berücksichtigung der neueren Telegraphie, Berlin 1873.

Galle Ludwig, Katechismus der elektrischen Telegraphie, Fünfte Auflage, bearbeitet von Dr. Carl Eduard Zetzsche, Leipzig 1873.

Zabel H., Der elektrische Feuertelegraph, Breslau 1873.

Ditscheiner Dr., Die Telegraphenapparate, officieller Ausstellungsbericht, Wien 1874.

Lohmaier und Pohl, Leitfaden zum Selbstunterrichte des Telegraphenwesens, 2. Aufl., Berlin 1874.

Ludwig, Der Reichstelegraphist, Dresden 1874.

Pope Frank L., Modern practice of the electric. telegraph., New-York 1874.

Zetzsche Dr., Kritik über die neueren Gegen- und Doppeltelegraphen Augsburg 1874.

Kovačevič, Betriebsstörungen oberirdischer Telegraphenleitungen, Agram 1875.

Müller E., Telegraphen-Technik, Zabern 1875.

Zetzsche Dr., Die Entwickelung der automatischen Telegraphie Berlin 1875.

Grawinkel, Die Telegraphen-Technik, Berlin 1876.

Preece W. H. and Sivewrigt J., Telegraphy, London 1876.

Rother L. F. W., Der Telegraphenbau, Berlin 1876.

Weidenbach, Compendium der elektr. Telegraphie, Wiesbaden 187

Zetzsche Dr., Handbuch der elektrischen Telegraphie. Fünf Bände, Berlin 1877—1883.

Canter O., Aufgaben aus d. Gebiete d. Telegraphentechnik, Breslau, 1878.

Kohlfürst Ludwig, Die elektrische Telegraphie, Prag 1878.

Canter O., Der technische Telegraphendienst, Breslau 1879.

Binder F., Die elektrischen Telegraphen, das Telephon und Mikrophon. 3. Auflage von Lardners „populäre Lehre von den Telegraphen", Weimar 1880.

Schellen H., Der elektro-magnetische Telegraph in den Hauptstadien seiner Entwickelung. 6. Auflage, Braunschweig 1880—1882.

Kral J., Handbuch des Telegraphendienstes. 7. Aufl., Marburg 1882.

Tieman C., Der elektrische Telegraph, Berlin, 1882.

Canton O., Haus- und Hotêltelegraphie. 14. Band der elektro-technischen Bibliothek, Wien 1883.

Sack J., Die Verkehrs-Telegraphie der Gegenwart. 5. Band der elektrotechnischen Bibliothek, Wien 1883.

[344]) Literatur über unterseeische Telegraphie:

Über den unterseeischen Telegraphen und sein neues Tau. Polytechnisches Journal CXIX. 75. CXXI. 392. — 1851.

Submarine communication between England and France. Mech. Mag. LIII. 196, 215, 233, 274, 296. Die unterseeische Telegraphenleitung zwischen England und Irland. Polytechn. Centralblatt, 1852, p. 1036.

Th. Allan, New submarine telegraph rope. Mech. Mag. LIX. 127. — 1853.

C. W. und J. J. Harrison, Die europäisch-amerikanische Telegraphenleitung. Polytechn. Centralblatt, 1853, p. 10.

Bakewell. On telegraphic communication between England and America. Rep. of, Brit. Assoc., 1854, 2, p. 147.

P. W. Brix, Die unterseeische Telegraphenleitung durch das mittelländische Meer. Brix. Z. S. I. 174; II. 280; III. 94, 152, 269.

J. Watkins Brett, Über den Ursprung der unterseeischen Telegraphenlinien und über deren Ausdehnung nach Indien und Amerika. Brix. Z. S. I. 271.

Die Telegraphenlinie zwischen Sardinien u. Afrika. Brix. Z. S. II. 280.

W. J. Macquorn Rankine und John Thomson, Methode zum Einsenken submariner Telegraphenleitungen. Brix. Z. S. III. 12.

Submarine telegraph cables. Mech. Mag. LXIII. 414. — 1855.

Wollaston, Telegraphendrähte für untermeerische Leitungen. Polytechn. Centralblatt, 1855, p. 1146.

Robert Stirling Newall. Improvements in apparatus employed in laying down submarine electric telegraph wires. Mech. Mag. LXII. 496. Polytechn. Journal CXLVI. 114. London, Journal. Aug., 1857, p. 81. The atlantic submarine telegraph. Mech. Mag. LXIV. 513. LXV. 367.

J. Bodie, On submarine telegraph cables. Mech. Mag. LXVII. 387, 410, 460; Franklin Journ. XXXV. 145—150. — 1857.

P. A. Balestrini, Submarine electric telegraph cables. Mech. Mag. LXVII. 346; Cosmos XI. 63. — 1857.

William Wilkins, An improved method of laying submarine telegraph cables. Mech. Mag. LXVII. 462. — 1857.

De la Hayes submarine telegraphic cables. Mech. Mag. LXVII. 423, 514.

Charles Tilston Bright and Charles de Bergue, Improvements in apparatus to be employed in the laying or sinking of submarine telegraph cables. Mech. Mag. LXVII. 529.

Über das transatlantische Telegraphentau. Polytechn. Journal CXLVI, 104, 108—111; Cosmos XI. 113, 170, 197, 254, 284, 558. — 1857.

Atlantic telegraph cable. Franklin. Journ. XXXIII. 369 — 1857.

A. C. Jones. On the failure to lay the submarine cable. Franklin. Journ. XXXIV. 309. — 1857.

C. T. Bright. Über das transatlantische Telegraphentau. Polyt. Journ. CXLVI. 111—113; Mech. Mag. LXVII. 1857.

C. F. Varley, Improvements etc. (Unterseeische Telegraphie.) Abridg. of spec. 612—616.

Atlantic submarine telegraph. Mech. Mag. LXVII. 110, 127, 151, 178, 203, 315, 511. — 1857.

J. W. Brett, On the submarine telegraph. Proceed of Royal institution. II. 394. — 402.

Cable télégraphique de méditerrannée. Cosmos. XI. 477. — 1857.

F. R. Window, Zur Geschichte der unterseeischen Telegraphie. Deutsche Gewerbezeitung, 1857, p. 157—158.

A. Delamarche, Eléments de la télégraphie sousmarine, Paris 1858.

Das Tau zur telegraphischen Verbindung zwischen Europa und Amerika. Polyt. Journal. CL. 285 und W. Siemens ebenda, p. 380.

Laying-out of the atlantic telegraph cable. Mech. Mag. LXVIII. 369, 396, 440. — 1858.

Th. Land et Charles Falconieri, Câbles transatlantiques. Cosmos. XII. 684. — 1858.

J. Mather and Th. Richards, The atlantic cable apparatus. Franklin Journ. XXXVI. 266. — 1858.

A. Delamarche, Elemente der unterseeischen Telegraphie. Nach dem Französischen frei bearbeitet und nach eigener Erfahrung mit Anmerkungen versehen von C. Viechelmann. Mit einem Anhange: Die Kabellegungen im Mittelmeere. Berlin, Julius Springer 1859.

John Cornish Harcourt Sievier, Improvements in submarine conductors of electric telegraphs. Franklin Journ. XXXVII. 129; Rep. of pat. ins. Nr. 778. — 1859.

Siemens und Halske. Apparate zum Betriebe langer Unterseelinien. Brix. Z. S. VI., p. 96, 100; Encyk. XX. 1065.

Hearder, On the atlantic cable. Phil. Mag. XVII. 27. — 1859.

G. Mathiot, The atlantic cable. Silliman. Journ. XXVII. 157. — 1859.

S. Alfred Varley, On the practical bearing of the theory of electricity in submarine telegraphy, the electrical difficulties in long circuits, and

the conditions requisite in a cable to insure rapid and certain communication. Franklin Journ. (3.) XXXVIII. 52—61, 132—138, 199—206, 259—267. — 1859.

Andrews, Notiz über das Verfahren bei Wiederherstellung schadhafter Unterseeleitungen. Brix. Z. S. VI. 51. Encykl. XX. 771. — 1859.

P. Schaffner, The telegraph manual. New-York. 1859, p. 585—667.

C. Nielsen, Versenkung submariner Telegraphenkabel in Norwegen. Brix. Z. S. VI. 1.

W. Siemens und C. W. Siemens, Abriss der Principien des praktischen Verfahrens bei der Prüfung submariner Telegraphenleitungen auf ihren Leitungszustand. Brix. Z. S. VII. 111—116, 195—207; Encykl. XX. 750 f. 780 f. 1860.

Gutachten eines Comités von englischen Gelehrten und Ingenieuren über die Construction submariner Telegraphenkabel. Brix. Z. S. VIII. 182—187.

W. S. B. Woolhouse, On the deposit of submarine cables. Phil. Mag. (4.) XIX. 345—364. — 1860.

H. Cauderay. Le télégraph entre l'ancien monde et le nouveau, suivi de la télégraphie électrique sans pile dans les bureaux intermédiaires. Lausanne et Paris 1861.

Hall and Well's submarine telegraphic cable. Franklin Journ. (3). XLI. 418.

Breton et de Rochas, Mémoire sur les câbles sousmarines. Cosmos. XVII. 494.

Marié Davy, Sur le véritable câble transatlantique. Cosmos. XVIII. 767. Berl. Ber. XVII. 481—482. — 1861. Der atlantische Telegraph. Polyt. Journ. CLIII. 235. Zur Anfertigung submariner Telegraphenleitungen. Polyt. Jour. CLIX. 111.

C. W. Siemens, Sur la télégraphie électrique sousmarine. Arch. de sc. phys. (2.) X. 5—17. — 1861.

Schaffner, Telegraph nord-atlantique. C. R. LII. 1090. London 1861.

Glass, Elliot und Co., Transatlantischer Telegraph. Breslauer Gewerbeblatt 1862, Nr. 11; Polyt. Journ. CLXIV. 462.

Fleeming Jenkin, Experimental researches on the transmission of electric signals through submarine cables. Part. I. Laws of transmission through various lengths of one cable. Proc. of the Roy. Soc. XII. 198—201.— 1862.

Cromwell F. Varley, On the relative speed of the electric wave through submarine cables of different lengths and a unit of speed for comparing electric cables by bisecting the electric wave. Proc. of the Ray. Soc. XII. 211—216. — 1862.

Ernest Esselbach, On electric cables, with reference to observations on the Malta-Alexandria telegraph. Report of the Brit. Ass. 1862. 2, p. 26.

Dub, Die unterseeische Leitung. Anwendung des Elektromagnetismus, Berlin 1863. Julius Springer, p. 175—203.

Blerzy, Ann. télégr. V. 332, 521. VI. 180.

Varley, Polyt. Journ. CLXXV. 329.

W. Rowett, Ocean telegraph cable; its construction, the regulation of its specific gravity and submersion explained. With map and illustration. Low 1865.

Zukunfts-Kritik ds transatlantshn tlgrafnkabls. fom frfasr dr zukunftstaktik dr masnkraft mit in dn text gedrucktn holzshnitn. Frankfurt a./M. Küchler. 1865.

Kuhn, Encyk. der Physik XX. 2. Leipzig. Leopold Voß 1866.

W. H. Russell, The Atlantic Telegraph. Illustrated by Robert Dudley Day. et Son. 1866.

Henry M. Field, The history of the Atlantic Telegraph, from the beginning, 1854, to the completion, August 1866. With illustrations. New-York 1866.

The Atlantic Telegraph; its History from the commencement of the Undertaking in 1854, to the Sailing of the Great-Eastern in 1866. Accompanied with a familiar Explanation of the Theory of Telegraphy: a Chronological Summary of the Progress of the Act; and a Tabular List of the submarine cables now in Operation; also an Account of the Leading Submarine and Land Lines in Progress and Projected. From Authentic Sources. Illustrated, with Drawings, Maps, Portraits etc. Bacon 1866.

Schellen, Das atlantische Kabel. Braunschweig, G. Westermann, 1867.

E. Cezanne, Le câble transatlantique. Paris, L. Hachette et Comp., 1867.

E. Delessert, Notre câble transatlantique. (France aux Etats-Unis.) Note et projet. Paris, tous les libraires. 1867.

De Morat J. A. and Pierce J. N., An exposition an the most improved Telegraph Cable and the theories connected therewith; with tables of comparison and lists of Submarine Cables now in use and those that have failed. Philadelphia. 1867.

Netoliczka Eugen Dr., Über unterseeische Telegraphenleitungen. Veröffentlicht im 17. Jahresberichte der steiermärk. Landes-Oberrealschule in Graz 1867. Mit einer lithograph. Tafel.

Menu de Saint-Mesmin E., Les Câbles transatlantiques. Paris. Lib. du Petit Journal. 1867.

Cezanne E., De telegraphie en de transatlantische Kabel. Naar he Fransch dovr. G. A. Vorstermann van Oijen. 1868.

Dellmann F., Das atlantische Kabel. Kreuznach. Voigtländer 1868.

Blundell W., Telegraphic Companies considered as investements with remarks on the superior advantages of Submarine Cables. London 1869.

Du Moncel Th., Notice sur le câble transatlantique. Illustré de 25 gravures dans le texte. Paris, Gauthier-Villars, 1869.

Ternant A. L., Manuel pratique de télégraphie sous-marine, constructions, pose, entretien et exploitation des câbles sous-marins, épreuves électriques qu'ils subissent etc. avec pl. tabl. et fig. Paris, Lacroix, 1869.

Hédouin P., L'électricité appliquée au sondage des mers. Les câbles électriques sousmarins. Paris, Lachaud, 1870.

Parkinson, J. C., The Ocean Telegraph to India: A narrative and a diary. London. Blackwood and Son. 1870.

Blundell W., The Manual of Submarine Telegraph Companies. London 1871.

Van Choate S. F., Ocean Telegraphing. Adaption of new principles for the successful working of submarine cables etc. Map and illustrations Cambridge, Mass, 1872.

Miriel G., Télégraphie sous-marine. Renseignement sur le câble transatlantique de Brest à Saint-Pierre. Brest 1874.

Preece W. H., Submarine telegraphy. London, Longmans, 1876.

Ternant A. L., Les télégraphes, avec grav. et plans, Paris, Hachette, 1881.

Ballantyne R. M., The battery and the boiler, or adventures in the laying of submarine electric cables. London, James Nisbet & Comp., 1882.

Jüllig M., Die Kabel-Telegraphie. XXVI. Band der elektro-technischen Bibliothek. Hartleben, Wien 1884.

[345]) Fischer, Geschichte der Physik. V., p. 736—741.

[346]) Erxleben, Anfangsgründe der Naturlehre. 3. Auflage, mit Zusätzen von Lichtenberg, S. 499.

[347]) Über Influenzelektricität und die Theorie des Condensators im 73. Bande von Poggendorffs Annalen, in der historischen Einleitung.

[348]) Wilke, Von den entgegengesetzten Elektricitäten, in den schwedischen Abhandlungen, XXIII. Band, p. 271.

[349]) Lettere diverse sull' elettroforo perpetuo. Scelta di opuscoli di Milano, 1775, VIII. und XII.; 1776, XIV. und XX.

[350]) Dr. Hoppe, Geschichte der Elektricität, Leipzig 1884.

[351]) Rieß, Reibungselektricität, I., p. 295.

[352]) Sitzungsberichte der k. Akademie in München. 1870, 1871.

[353]) Grimas Physik, 3. Band, 1. Abtheil., S. 288, Breslau 1799.

[354]) Fischer, Geschichte der Physik. VIII., p. 407.

[355]) Erxlebens Naturlehre. 6. Aufl. §. 538.

[356]) Beschreibung eines neuen elektrischen Instrumentes, um eine zerstreute und wenig verdichtete Quantität der Elektricität zu sammeln, von Tiberius Cavallo aus den philos. transact. Vol. 78, p. 255, übersetzt, in Grens Journal der Physik, B. I., S. 275. — Gehlers Wörterbuch, B. V., Art. Elektricitätssammler.

[357]) Grens Journal der Physik, B. I., S. 49. Von den Methoden, die Gegenwart kleiner Quantitäten natürl. und künstl. Elektricität zu entdecken und ihre Beschaffenheit zu erkennen, von Tiberius Cavallo, B. II., S. 61. — Beschreibung eines neuen elektrischen Instrumentes, welches den doppelten Zustand der Elektricität hervorbringt, von Nicholson. — Bohnenbergers Beschreibung unterschiedlicher Elektricitätsverdoppler von einer neuen Einrichtung nebst einer Anzahl von Versuchen über verschiedene Gegenstände der Elektricitätslehre, Tübingen 1798. — Morgan, Vorlesungen über Elektricität, aus dem Engl. übersetzt. Leipzig, 1798, S. 86—100.